



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Dottorato in Architettura
curriculum
**Strutture e Restauro dell'Architettura e del Patrimonio
Culturale**

CICLO XXXI

COORDINATORE Prof. Giuseppe De Luca

**Problematiche della Conservazione Programmata applicata
agli apparati decorativi e scultorei dell'architettura
monumentale**
Il caso dei protettivi idrorepellenti

Dipartimento di Architettura
Settore Scientifico Disciplinare ICAR/19

DOTTORANDO

Arch. Mila Martelli

TUTOR

Prof. Maurizio De Vita

REVISORI

Prof.ssa Mariacristina Giambruno
Politecnico di Milano

COORDINATORE

Prof. Giuseppe De Luca

CO-TUTOR

Prof. Carlo Alberto Garzonio
UniFi – Scienze della Terra

Prof. Mauro Saracco

Università degli Studi di Macerata

Anni 2015/2018

‘Il caso della conservazione della pietra è un buon esempio per dimostrare che quello che manca alla tecnologia della conservazione per divenire una scienza è la memoria’

Giorgio Torraca

Ringraziamenti

Prima di tutto desidero ringraziare i miei supervisori, il Prof. Maurizio De Vita e il Prof. Carlo Alberto Garzonio per avermi guidato nella conduzione di questo lavoro e per le loro osservazioni ricche di spunti per nuove riflessioni.

Un ringraziamento speciale all'Arch. Valerio Tesi, Funzionario della Soprintendenza di Firenze, per la costante disponibilità, per il costante interesse nel mio lavoro, per i suoi preziosi suggerimenti e la condivisione della sua conoscenza.

Ringrazio il reverendo Don Luca Carlesi arciprete della Cattedrale di San Zeno per l'accoglienza e la disponibilità e l'Arch. Simone Martini per la sua assistenza e per le utili osservazioni. Ringrazio le Dott.sse Ybanez e Mancini, per l'entusiasmo e la partecipazione e i confronti sul campo dell'ultimo periodo, la Dott.ssa Teresa Salvatici e la Dott.ssa Marilena Ricci alle quali sono debitrice per il supporto tecnico e il Dott. Leonardo Borgioli per la sua consulenza scientifica.

Ringrazio la Prof.ssa Mariacristina Giambruno e il Prof. Mauro Saracco per il tempo dedicato alla revisione di questa tesi e per le loro utili osservazioni.

Un grazie sentito al Prof. Piero Tiano che all'inizio del viaggio mi ha suggerito l'indirizzo di questa ricerca.

E un grazie in particolare alla mia famiglia che mi ha sostenuto e tollerato in questi anni.

Abstract

La presente ricerca propone una riflessione intorno ad alcune problematiche legate alla stesura, e alla messa in atto, dei Piani di Manutenzione per i beni monumentali, in particolare per quanto riguarda i trattamenti conservativi della pietra; problematiche spesso connesse con la mancanza di dati di durabilità dei trattamenti e con un mancato trasferimento di informazioni tra i campi più specialisti della ricerca e quelli più operativi.

La ricerca presentata prende le mosse quindi dalla vivace discussione intorno al tema della 'manutenzione programmata' dei beni culturali e in particolare dalla constatazione di come la strada della prevenzione e della manutenzione dei monumenti sia ancora comunque piuttosto difficile da percorrere, specie per quanto riguarda gli interventi sulle superfici di pregio dell'architettura.

Le ragioni di questa 'resistenza' sono state indagate da molteplici prospettive; la ricerca si è focalizzata sugli aspetti più operativi della programmazione: la Conservazione Programmata contempla e comprende la ciclicità di interventi, ma quali dati abbiamo realmente a disposizione per poter programmare la ciclicità di questi interventi? Lo studio dello stato dell'arte ne evidenzia la mancanza; paradossalmente, il problema non risiede nella carenza di studi o sperimentazioni, quanto piuttosto nella loro estrema specificità e nell'assenza di un quadro di insieme. Ancora, per le superfici lapidee, Giorgio Torraca sosteneva che proprio il caso della conservazione della pietra fosse "un buon esempio per dimostrare che quello che manca alla tecnologia della conservazione per divenire una scienza è la memoria". Il ruolo dell'architetto e il suo vivere su territorio di confine tra le molteplici professionalità coinvolte nella conservazione dei monumenti hanno stimolato queste riflessioni che si articolano su più livelli: formazione, professionalizzazione, operatività.

Lo studio presentato si è quindi incentrato nel dettaglio sulla possibilità di 'misurare' e 'quantificare' in situ, lo stato di efficienza residua dei trattamenti protettivi della pietra dopo un determinato lasso di tempo dalla loro applicazione (quindi la loro 'durabilità') e, conseguentemente, sulla possibilità di individuare il ciclo periodico per mettere in atto la/le minime azioni conservative, atte a scongiurare il riattivarsi o l'insorgere di nuovi fenomeni e meccanismi di degrado.

Il complesso Cattedrale di San Zeno e Battistero di San Giovanni in Corte in Pistoia costituisce un caso studio dentro il caso studio (i protettivi idrorepellenti).

La ricerca vede coinvolte l'Università degli Studi di Firenze, DiDA Dipartimento di Architettura e LAM Dipartimento di Scienze della Terra; la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio Province Firenze Prato e Pistoia e la Chiesa Cattedrale di Pistoia.

Con l'esame del caso studio ci si aspetta di ottenere risultati utili per una valutazione quantitativa dell'efficacia residua dei trattamenti conservativi e di contribuire così alla delineazione di un quadro d'insieme e all'organizzazione dei dati in vista di una reale utilità per la manutenzione dei beni monumentali.

Tutti i dati rilevati troveranno spazio in questa tesi; in particolare i dati di assorbimento tramite metodo della spugna di contatto saranno corredati dei valori di temperatura e umidità ambientale e di contatto presenti al momento della misurazione, in modo che l'esame sia ripetibile in futuro alle stesse condizioni, e i dati di epoche diverse possano risultare confrontabili.

È inoltre in corso (2018) un nuovo intervento di restauro sul fronte Ovest del Battistero, precedentemente trattato nel 2000; le indagini forniranno, per i trattamenti presi in esame, i dati di assorbimento della pietra e dei marmi privi di trattamento (immediatamente dopo la pulitura) e il tempo zero, corrispondente invece alla massima efficacia dei trattamenti appena applicati.

L'intervento sarà l'occasione per lasciare tre lastre, un marmo bianco, un serpentino, un'arenaria, di monitoraggio: ciascuna lastra, collocata nella parte basamentale del prospetto e raggiungibile senza bisogno di ponteggi, sarà trattata solo per metà. In tal modo potrà essere agevolmente monitorata l'efficacia dei trattamenti col solo raffronto delle due parti tramite il metodo della spugna di contatto.

Questa ricerca si propone di portare un contributo alla riflessione e stimolare la raccolta di altri contributi per una sistematizzazione dei dati e per fornire concreti

strumenti operativi in vista di una reale utilità per la manutenzione dei beni monumentali.

Lo studio propone un metodo esportabile e applicabile ad altri aspetti della conservazione dei monumenti e introduce una nuova nozione di durabilità nella campo della conservazione, esito di uno spostamento dell'applicazione del concetto, dal 'componente' dell'architettura monumentale, al suo trattamento.

Indice generale

1. Introduzione.....	11
1.1 Inquadramento generale.....	11
1.2 La durabilità degli interventi conservativi sulle superfici di pregio dell'architettura.....	13
1.3 Motivazioni e obiettivi.....	16
1.4 Struttura della tesi.....	18
2. Stato dell'arte.....	19
2.1 Premessa.....	19
2.2 Ieri/Oggi. La manutenzione come prassi nell'antichità e nella tradizione.....	20
2.3 Nuovo/Antico. Riflessioni intorno al concetto di durabilità.....	25
2.4 Specificità / genericità. Dicotomia di un sistema.....	29
2.5 Conclusioni.....	34
3. Conservazione e Manutenzione. Il caso dei protettivi idrorepellenti per la pietra.....	37
3.1 Premessa.....	37
3.2 Effetti dell'acqua sul degrado dei monumenti.....	38
3.3 Principi di funzionamento dei protettivi per la pietra.....	40
3.4 Durabilità ed efficacia dei protettivi per la pietra nella ricerca.....	44
4. Il Complesso Cattedrale di San Zeno e Battistero di San Giovanni in Corte a Pistoia.....	46
4.1 Breve storia delle due fabbriche.....	46
5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale.....	51
5.1 Motivazioni della scelta del caso studio nel caso studio.....	52
5.1.1 Il caso dei protettivi idrorepellenti per la pietra.....	53

5.1.2 Il complesso Cattedrale-Battistero di Pistoia.....	54
5.2 Organizzazione della campagna di prove.....	56
5.3 I restauri degli ultimi venti anni e i trattamenti conservativi per la Cattedrale e il Battistero	61
5.3.1 Cattedrale di San Zeno in Pistoia. Dati relativi ai restauri.....	63
5.3.2 Torre Campanaria della Cattedrale di San Zeno in Pistoia. Dati relativi ai restauri.....	66
5.3.3 Battistero di San Giovanni in Corte in Pistoia. Dati relativi ai restauri.....	67
5.4 L'indagine sperimentale: prove e campionamenti.....	71
5.5 La lettura in situ dell'efficacia residua dei trattamenti.....	106
5.5.1 Lettura dei risultati per i Marmi bianchi.....	106
5.5.2 Lettura dei risultati per i Serpentine.....	118
5.5.3 Lettura dei risultati per le Arenarie.....	122
5.6 Conclusioni.....	128
5.7 Considerazioni aggiuntive sullo stato di conservazione dei due complessi monumentali...131	
5.8 Battistero di San Giovanni in Corte in Pistoia Ipotesi mantenimento punto di monitoraggio	133
Appendice al Capitolo 5 - Misurazioni in situ tramite il metodo della spugna di contatto.....	136
Capitolo 6 Conclusioni e prospettive di ricerca.....	146
6.1 Premessa.....	146
6.2 Principali risultati e contributi della ricerca.....	147
6.3 Prospettive future.....	151
6.4 Risolvere la dicotomia. Anche dati come risorse per il piano di manutenzione?.....	152
Bibliografia.....	153
Appendice A.....	163
Appendice B.....	164

Indice delle illustrazioni

Fig.1. 1: La 'Lupa di Siena', Viale Niccolò Machiavelli, Firenze.....	13
Fig.1. 2: Il 'Leone di Firenze', Viale Niccolò Machiavelli, Firenze.....	14
Fig.1. 3: Neues Rathaus, Marienplatz, Monaco di Baviera.....	15
Fig.1. 4: Veduta aerea del Battistero di San Giovanni in Corte, Pistoia.....	16
Fig.1. 5: Colonnini tortili del Battistero di San Giovanni in Corte.....	17
Fig.1. 6: Giovanni Battista Piranesi, Altra Veduta degli avanzi del Pronao del Tempio della Concordia da Vedute di Roma, 1774, incisione su carta, Portland Art Museum.....	21
Fig.1. 7: Jean-Baptiste Rondelet, Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare - TAVOLA II - Parallelo delle colonne di un solo pezzo ed altre in più strati eseguite dagli antichi in porfido, in granito, in marmo ed in pietra, con varie opere di tal genere eseguite dai moderni.	22
Fig.1. 8: Capitello della Lanterna, Cattedrale di Santa Maria del Fiore, Firenze.....	26
Fig.1. 9: Imperia, intonaci degradati su villino primo Novecento.....	25
Fig.1. 10: Il Samuele, di Giovanni Battista Tassara – oggi al Museo dell'Opera del Duomo di Firenze - e la copia, eseguita da Marcello Del Colle nella Bottega dell'Opera del Duomo di Firenze. La copia è stata ricollocata sulla facciata della Cattedrale di Santa Maria del Fiore, nel settembre 2017.....	26
Fig.1. 11: Mantova, Portico del Palazzo del Capitano, Piazza Sordello, 2006.....	27
Fig.1. 12: Il cantiere di restauro, 2016, del 'Dietrofront' opera di Michelangelo Pistoletto, Piazzale di Porta Romana, Firenze,.....	52
Fig.1. 13: Particolare del portale sud del Battistero di San Giovanni in Corte, Pistoia.....	54
Fig.1. 14: La Cattedrale di San Zeno a Pistoia e la torre campanaria.....	55
Fig.1. 15: Il Battistero di San Giovanni in Corte a Pistoia.....	55
Fig.1. 16: Esterno del Battistero, Fronte Sud-Ovest.....	61
Fig.1. 17: Esterno del Battistero, Fronte Est.....	61
Fig.1. 18: Tavola del progetto preliminare dell'intervento di restauro 1999-2000. Coll. A1/20.	66

Fig.1. 19: Misurazione del tempo di asciugatura impronta della spugna di contatto.....	73
Fig.1. 20: La facciata della Cattedrale di San Zeno e alcuni elementi marmorei appartenenti alle diverse epoche di trasformazione dell'impianto architettonico.....	107
Fig.1. 21: La pavimentazione bicroma del portico della Cattedrale.....	108
Fig.1. 22: L'apparato figurativo e scultoreo del portale di ingresso del Battistero.....	109
Fig.1. 23: Apparato decorativo e scultoreo coronamento e archeggiature dell'ottagono del Battistero.....	110
Fig.1. 24: Doccioni zoomorfi del coronamento del Battistero e stato di degrado.....	111
Fig.1. 25 Comparazione lastre in marmo, inquadramento e ingrandimento, AM07 (sopra) e AM14 (sotto), anno trattamento 2014.....	112
Fig.1. 26 Immagine del campanile tratta da F. Gurrieri 1995.....	116
Fig.1. 27: L'immagine precedente in un ingrandimento. Sono visibili le scialbature delle colonne e ben visibili differenziazione cromatica, evidentemente mantenute con il restauro del 1997-2000 condotto dalla Soprintendenza.....	117
Fig.1. 28 La stessa inquadratura del campanile oggi. Si possono leggere le stesse scialbature mantenute in essere e ancora ben visibili.....	117
Fig.1. 29: Degrado delle serpentine, portale fronte sud del Battistero.....	118
Fig.1. 30: Serpentine in vari elementi della bicromia del Battistero.....	119
Fig.1. 31: Basamento di una colonna in pietra serena del campanile.....	122
Fig.1. 32: Colonne in pietra serena del primo ordine loggiato del campanile.....	123
Fig.1. 33: Colonna della facciata della Cattedrale e arcata dell'antica facciata della Cattedrale nell'ambiente del sovrapportico.....	124
Fig.1. 34: Comparazione lastre in arenaria, inquadramento e ingrandimento, AA05 (sopra) e AA09 (sotto), anno trattamento 2000.....	125
Fig.1. 35: Comparazione lastre in arenaria, inquadramento e ingrandimento, AA07 (sopra) e AA08 (sotto), anno trattamento 2014.....	126
Fig.1. 36: Documentazione fotografica degrado prima dei restauri al Battistero anno 2014. Lato Nord-Est. Per cortesia della Dott.ssa Maria Josè Ybanez Worboys.....	132
Fig.1. 37: Degrado anno 2018 Livello archeggiature, lato Sud-Est.....	133

1. Introduzione

1.1 Inquadramento generale

L'evoluzione della teoria e della prassi del restauro e la corrispondente evoluzione della legislazione italiana in materia di Beni Culturali hanno concorso definitivamente a includere prevenzione e manutenzione, al pari del restauro, nel novero degli interventi che concorrono alla conservazione del patrimonio culturale. Nel contesto legislativo italiano, il Codice dei Beni Culturali¹, pur non definendo realmente la 'Conservazione', delinea all'art. 29 le azioni con cui attuarla ed elenca studio, prevenzione, manutenzione e restauro² in un puntuale crescendo di gradi di intervento, in cui il restauro 'propriamente detto' (Petraroia & Della Torre, 2008) è solo una delle operazioni possibili (Weddigen, n.d.) ed entra in campo solo laddove prevenzione e manutenzione non possano, o non possano più, produrre effetti; laddove sia a rischio l'integrità materiale del bene e occorra procedere "al recupero del bene medesimo" (Codice). Prevenzione e manutenzione sono dunque indicate come le azioni prioritarie da intraprendere per la conservazione del patrimonio culturale³, in un quadro di coordinamento e programmazione.

1 D. Lgs. 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137. Da ora in avanti Codice.

2 È utile riportare la definizione del Codice delle tre azioni mediante cui si attua la conservazione: 'prevenzione', intesa come complesso di "attività idonee a limitare le situazioni di rischio connesse al bene culturale nel suo contesto"; 'manutenzione', intesa come complesso di attività e interventi "destinati al controllo delle condizioni del bene culturale e al mantenimento dell'integrità, dell'efficienza funzionale e dell'identità del bene e delle sue parti"; 'restauro' inteso come "intervento diretto sul bene attraverso un complesso di operazioni finalizzate all'integrità materiale ed al recupero del bene medesimo, alla protezione ed alla trasmissione dei suoi valori culturali. [...]".

L'ampiezza della categoria di 'bene culturale' così come individuata dalla Convenzione dell'Aia (1954) prima, dai recepimenti italiani della commissione Franceschini (1964-1967) e dalle successive definizioni poi⁴, con il suo ventaglio di scale e manifestazioni (dalla collezioni museali, al paesaggio), impedisce una declinazione univoca della 'conservazione programmata' sul piano attuativo.

Nel contesto italiano, dove il patrimonio culturale architettonico e monumentale è così ricco, l'attuazione di una vera programmazione della conservazione è ulteriormente ostacolata da una cronica mancanza di risorse, sempre insufficienti per un patrimonio tanto vasto e articolato. Inoltre, quando la conservazione programmata attiene le opere esposte all'aperto, e in particolare l'architettura monumentale, una pluralità di fattori (contesto, inquinamento, degrado antropico, fruibilità, ecc.) si aggiungono ad allargare il campo delle problematiche operative.

Le cronache dei nostri monumenti sono costellate di distacchi e imminenti crolli di porzioni, a volte anche con esiti drammatici; di una "progressiva irreversibile perdita di figuratività dei nostri monumenti", come, in "Città a Pezzi / Pezzi di Città" (Gurrieri, 2009), Francesco Gurrieri denuncia. Segno appunto che il solo *protocollo* non è di per sé sufficiente a realizzare la *conservazione* e che altri aspetti entrano in gioco in maniera determinante.

La grande speranza di poter consolidare definitivamente i materiali costitutivi dell'opera d'arte, in particolare delle pietre, che ispirò tentativi e sperimentazioni, da Viollet Le Duc a Piero Sanpaolesi solo per citare i più noti, è definitivamente caduta. A fronte di una presa d'atto che la 'vernice miracolosa'⁵ in grado di arrestare definitivamente lo scorrere del tempo non è ancora stata trovata, l'imperativo della salvaguardia materica, cardine della cultura occidentale del restauro, ha indirizzato comunque le ricerche verso la scoperta di soluzioni e trattamenti capaci almeno di rallentare gli effetti del tempo sui nostri monumenti.

Le continue sperimentazioni in questo campo e il vivace dibattito intorno al tema della 'manutenzione programmata' dimostrano quanti aspetti, quali ad esempio la gestione degli interventi, la programmazione, la trasmissione dei risultati, debbano ancora essere approfonditi. È proprio la riflessione intorno alla *gestione* e alla *programmazione* dunque il tema fondante di questa tesi che si articola così nell'analisi

3 Cui sono tenuti "Lo Stato, le regioni, gli altri enti pubblici territoriali nonché ogni altro ente ed istituto pubblico [i quali n.d.r.] hanno l'obbligo di garantire la sicurezza e la conservazione dei beni culturali di loro appartenenza" (Codice, art. 30).

4 Fino al vigente Codice, infra, nota 1.

di alcuni aspetti operativi della Conservazione Programmata applicata agli apparati decorativi e scultorei dell'architettura monumentale.

1.2 La durabilità degli interventi conservativi sulle superfici di pregio dell'architettura



Fig.1. 1: La 'Lupa di Siena', Viale Niccolò Machiavelli, Firenze

La Carta Italiana del Restauro del 1972 sanciva che l'intervento di restauro non dovesse essere definitivo, ma dovesse permettere, qualora necessario, ulteriori interventi. In queste indicazioni, stese sui suggerimenti di Pietro Romanelli, Alfredo Barbacci e Cesare Brandi (Cecchi, 2006), si introduceva il concetto di reversibilità dell'intervento conservativo, che ben si applicava (come le sperimentazioni dell'epoca in risposta all'accelerato degrado dei monumenti provocato dall'inquinamento atmosferico lasciavano presagire) alla possibilità che nuove e più adeguate tecniche potessero rendersi disponibili anche successivamente a un intervento di restauro.

5 A prestito da Mauro Matteini, Opificio delle Pietre Dure, Firenze nell'ambito del Convegno "Per un futuro sostenibile del Ratto delle Sabine", Salone dell'Arte e del Restauro, Firenze 2018, a riguardo della storia dei restauri e sull'ipotesi del definitivo ricovero del Ratto delle Sabine nella Loggia dei Lanzi nello spazio di Piazza della Signoria, Firenze. L'espressione richiama la 'vernice del soprintendente' di Giorgio Torraca "La verniciatura delle pietre non ha caratteristiche dissimili da quella dei metalli, ma è strano notare che, mentre certamente hanno cura di rinnovare ogni tanti anni le vernici dei loro cancelli, gli addetti alla tutela delle opere d'arte si aspettano che una vernice applicata alle pietre di una cattedrale le protegga per l'eternità". Conseguenza ne è che "In tempi più recenti, di fronte alla transizione dalle tecniche artigianali ad altre semi o pseudoscientifiche, all'apparente aggravarsi dei mali ed alla denuncia del fallimento dei metodi tradizionali (peraltro non efficacemente mantenuti) gli addetti alla tutela hanno preso in generale la coraggiosa risoluzione di non far più nulla, in attesa del farmaco miracoloso [la famosa "vernice del soprintendente"] che guarisca tutti i mali e dia alle pietre l'eterna giovinezza" (Bonsanti, 2013, pp. 65-69) .

Nella teoria e nella pratica del restauro conservativo il concetto si è in seguito affiancato a quelli di ritrattabilità e di compatibilità. L'intervento di conservazione-restauro sull'opera d'arte non è mai definitivo, mai risolutivo⁶, e la conservazione del patrimonio storico e architettonico (come è sempre stato) può, e deve, attuarsi con costanti cure e manutenzioni; un qualsiasi trattamento eseguito sulla materia dell'opera d'arte esposta all'aperto deve, presto o tardi, essere ripetuto: la semplice pulitura, un trattamento antibiodeteriogeno, un trattamento protettivo. Il concetto di ritrattabilità si associa quindi all'evenienza che il degrado si ripresenti di per sé (ad esempio i depositi superficiali) o che nel tempo l'efficacia del trattamento decada e, si renda necessario un nuovo intervento.



Fig.1. 2: Il 'Leone di Firenze', Viale Niccolò Machiavelli, Firenze

Il processo programmatico indicato dal Codice⁷ presuppone che si individuino cicli manutentivi con cui attuare la conservazione e, è lecito aggiungere, attuarla attraverso il minimo intervento. Oltretutto l'obiettivo di scelta di operazioni di conservazione 'low cost', nel rispetto delle risorse e dei bilanci, impone una programmazione degli interventi manutentivi in tempi adeguati, prima che i fenomeni di degrado si rinestino.

Ecco dunque che risulta fondamentale determinare la *durabilità* dei trattamenti conservativi e stabilire la possibile ciclicità degli interventi per evitare che si inneschino o si riattivino i fenomeni di degrado. Solo questa conoscenza può consentire di convogliare le risorse verso il minimo intervento conservativo, che il più delle volte coincide anche con l'intervento a minor costo.

6 Talvolta nemmeno il ricovero dell'opera d'arte si rivela risolutivo, (eclatanti il caso del David di Michelangelo, collocato nel Museo dell'Accademia di Firenze, le porte Battistero di Firenze, il VASA, ecc.)

7 Il concetto di conservazione programmata, introdotto in termini di Restauro Preventivo da Cesare Brandi (Brandi, 1963) fu poi ampliato da Giovanni Urbani includendo la programmazione come elemento essenziale dell'azione conservativa (Cavezzali, n.d.).

Inoltre, in un contesto in cui nella scelta di un trattamento predomina il fattore disponibilità (appunto il caso del restauro della pietra), piuttosto che quello della specificità, appare fondamentale poter implementare la capacità di scelta attraverso strumenti efficaci.

La Conservazione Programmata contempla e comprende la ciclicità di interventi, ma quali dati abbiamo realmente a disposizione per poter programmare la ciclicità di questi interventi? In questo quadro d'insieme, l'indagine sull'efficacia residua dei trattamenti conservativi delle superfici decorate dell'architettura è apparsa appropriata per affrontare alcune delle problematiche della programmazione della conservazione sovraesposte, ed è quindi diventata l'oggetto specifico di questo studio che si incentra sulla possibilità di 'misurare' e 'quantificare' lo stato di efficienza residua dei trattamenti protettivi della pietra dopo un determinato lasso di tempo dalla loro applicazione e conseguentemente sulla possibilità di individuare il ciclo periodico per mettere in atto la/le minime azioni conservative, atte a scongiurare il riattivarsi o l'insorgere di nuovi fenomeni e meccanismi di degrado.



Fig.1. 3: Neues Rathaus, Marienplatz, Monaco di Baviera

1.3 Motivazioni e obiettivi

Una vasta letteratura affronta l'argomento della manutenzione programmata dei beni culturali come pure la questione dell'efficacia dei trattamenti consolidanti e conservativi per i materiali lapidei, tuttavia poco ancora è stato fatto per la delineazione di un quadro d'insieme e per l'organizzazione dei dati in vista di una reale utilità per la manutenzione dei beni monumentali. Quali dati hanno realmente a disposizione gli operatori del settore per poter programmare la ciclicità degli interventi sulle superfici di pregio?

La constatazione di come la strada della prevenzione e della manutenzione dei monumenti sia ancora piuttosto difficile da percorrere, specie per quanto riguarda gli interventi sulle superfici di pregio dell'architettura, le riflessioni intorno all'effettiva potenzialità dello strumento operativo costituito dai Piani di Manutenzione, la mancanza di ricerche sullo specifico aspetto della valutazione della durabilità degli interventi di restauro e sulla possibilità di misurare l'efficacia residua dei trattamenti conservativi (in particolare su lapidei, laterizio, intonaci decorati) dopo un determinato tempo dalla loro applicazione, ha motivato il lavoro di questa ricerca che si incentra nel dettaglio sulla possibilità di 'misurare' e 'quantificare' lo stato di efficienza residua dei trattamenti protettivi della pietra dopo un determinato lasso di tempo dalla loro applicazione.



Fig.1. 4: Veduta aerea del Battistero di San Giovanni in Corte, Pistoia

Banco di prova il complesso Cattedrale di San Zeno e Battistero di San Giovanni in Corte in Pistoia, due casi in stretta prossimità che costituiscono un campo d'indagine particolarmente interessante per la presenza dei medesimi litotipi (Marmi bianchi, Serpentine, Arenarie), delle medesime condizioni ambientali e di un discreto numero di restauri documentati ed eseguiti in tempi differenti (almeno quattro epoche recenti di restauri, eseguiti dal 2000 a oggi sui diversi fronti) e un ultimo l'intervento sul prospetto Sud-Est, 2018 (in corso nel momento in cui si scrive).

Gli obiettivi della ricerca possono essere così sintetizzati:

- verificare la possibilità di quantificare l'efficacia residua dei protettivi idrorepellenti utilizzati nei passati restauri attraverso i metodi diagnostici già a disposizione, in particolare attraverso le prove di assorbimento tramite spugna di contatto (minima invasività e minimo impegno economico) e proporre un sistema di monitoraggio permanente tramite la realizzazione di un punto di controllo;
- fornire elementi utili alla stesura dei Piani di Manutenzione per i beni monumentali, in riferimento ai trattamenti della pietra e verificare la possibilità di individuare un ciclo periodico di intervento per i due monumenti;
- verificare dove risiedano gli elementi di criticità della programmazione della conservazione nello specifico caso dei trattamenti idrorepellenti per la pietra e scorgere le possibili ripercussioni sul piano teorico e critico dell'intervento di restauro/conservazione sotto questa specifica prospettiva.



Fig.1. 5: Colonnini tortili del Battistero di San Giovanni in Corte

Sul piano sperimentale ci si è proposti di effettuare indagini diagnostiche non invasive e/o micro-distruttive per valutare la durabilità nel tempo dei trattamenti residui: assorbimento capillare di acqua tramite metodo della spugna di contatto UNI 11432:2011 (UNI, 2011); spettrofotometria FT-IR, campionamento delle patine. In particolare sono state condotte più di 100 prove di assorbimento in 32 diversi punti sui tre differenti tipi litologici.

La ricerca ha visto coinvolte l'Università degli Studi di Firenze con il DiDA Dipartimento di Architettura e il LAM Laboratorio Materiali lapidei e Geologia applicata Dipartimento di Scienze della Terra, la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio Province Firenze Prato e Pistoia e la Chiesa Cattedrale di Pistoia.

1.4 Struttura della tesi

Il seguito della tesi è strutturato in cinque capitoli. I Capitoli 2 e 3 sono dedicati allo stato dell'arte, l'uno degli aspetti sopra accennati inerenti le difficoltà operative riscontrate per l'attuazione di una programmazione della conservazione, l'altro degli studi riguardanti i principi di funzionamento dei trattamenti conservativi e le valutazioni dell'efficacia dei trattamenti idrorepellenti per la pietra.

Il Capitolo 4 è dedicato a un breve inquadramento del complesso Cattedrale di San Zenone e Battistero di San Giovanni in Corte a Pistoia.

Il Capitolo 5 costituisce la sezione operativa e sperimentale della tesi: i primi due paragrafi sono dedicati alla delineazione del caso studio e al reperimento dei dati relativi ai restauri a partire dalla documentazione stessa dei restauri; gli altri paragrafi sono dedicati alla valutazione dello stato di conservazione, al rapporto dei risultati delle prove effettuate e all'interpretazione dei dati.

Infine il Capitolo 6 riporta le conclusioni della ricerca, la valutazione della possibilità e della modalità di trasferimento della conoscenza, e le prospettive di ricerca.

2. Stato dell'arte

2.1 Premessa

Questa ricerca si sviluppa costantemente su un doppio binario: da un lato si rileggono alcune tematiche teoriche del restauro e i risvolti nella pratica della manutenzione, dall'altro si traccia un percorso prettamente applicativo per scandagliare alcune problematiche operative della conservazione programmata applicata agli apparati decorativi e scultorei dell'architettura monumentale.

La rassegna dello stato dell'arte, suddivisa in cinque parti, è in questa ricerca occasione per alcune riflessioni: intorno a una peculiare nozione di durabilità per l'architettura monumentale, per esempio, esito di un inevitabile spostamento dell'applicazione del concetto dal 'componente', al suo trattamento; o intorno a una dicotomia specificità/genericità che investe e complica l'operatività nel campo del restauro.

Lo stato dell'arte e la tesi in generale tratteranno prevalentemente argomenti della manutenzione programmata. Non perché meno importanti, ma per una necessaria circoscrizione del tema, si è ritenuto di non dover entrare nell'approfondimento degli altri aspetti della conservazione dei beni culturali indicati dal Codice, cioè studio, prevenzione e restauro in senso stretto. Analogamente i temi della reversibilità o della compatibilità dei trattamenti saranno necessariamente contenuti ai soli accenni volta volta necessari alla trattazione.

2.2 Ieri/Oggi. La manutenzione come prassi nell'antichità e nella tradizione

L'esortazione alla *manutenzione*, come azione determinante per la conservazione del patrimonio storico, ha trovato, con una certa continuità, una propria collocazione nelle varie fasi evolutive della disciplina del restauro⁸, Eppure sulle implicazioni del termine e sulle sue traduzioni in atto conservativo si sono accesi dibattiti in vari momenti storici. Ancora oggi, l'accettazione del lemma non sembra pacifica e, nell'ambito dei beni culturali, il termine 'manutenzione' viene frequentemente aggettivato o articolato, a scongiurare il rischio che, solo, possa apparire semplicistico e che il suo significato possa essere ridotto a quello di una grossolana attività di rinnovo piuttosto che a un'attenta e specifica attività di cura e conservazione delle testimonianze, storiche o artistiche che siano.

Come è stato osservato, la condivisione del termine tra ambiti normativi e operativi anche molto distanti tra loro, (comparto industriale, edilizia corrente e, appunto, conservazione dei beni culturali) genera delle ambiguità proprio per i diversi significati che il termine assume nei diversi settori (Della Torre & Gasparoli, 2007) e introduce il rischio di una insufficiente specificità degli strumenti operativi a disposizione (Della Torre, 2014).

La 'manutenzione' è sempre stata, in ogni epoca e cultura, pratica corrente e connaturata al mantenimento dell'architettura, anche monumentale. Nella trattatistica antica il concetto di manutenzione è espresso nel De Architectura di Vitruvio (25 a.C.), nel Trattato di architettura di Filarete (1461-1464), nel De re aedificatoria di Leon Battista Alberti (1450 ca.) (Cecchini, 2012) e ovviamente continua a permeare la successiva trattatistica, ad esempio Milizia (1781) e Rondelet (1832).

8 Per una rapida rassegna delle definizioni specifiche del termine nella disciplina del restauro, nelle carte del restauro e nella normativa, può consultarsi la sintesi di Gabriella Contorni (Contorni, 1993), e il contributo di Della Torre e Gasparoli (Della Torre & Gasparoli, 2007) che analizza anche l'ultima definizione di manutenzione contenuta nel D.Lgs. 42/2004 Codice dei Beni Culturali. La manutenzione *per* la conservazione del patrimonio culturale (monumentale) viene richiamata pressoché in tutte le carte del restauro: nella Carta internazionale del restauro di Atene 1931, art. 2; nella Carta Italiana del restauro 1932 art. 1 e allegato b; nella Carta di Venezia sulla conservazione e il restauro dei monumenti 1964, art. 4; nella Dichiarazione di Amsterdam 1975, art. 6; nella carta CNR, art. 2; art. 3, Allegato b, nella Carta di Cracovia 2000, art.2. Per la consultazione dei testi delle carte si veda "Restauro e conservazione : carte del restauro, norme, convezioni e mozioni sul patrimonio architettonico ed artistico" (Gurrieri, 1992).

Tuttavia, nonostante risulti di tutta evidenza la necessità di una attività di manutenzione per la salvaguardia di un qualsiasi bene (uno tra tutti, Settis, 2007), e argomentarne l'utilità possa apparire pleonastico, l'enfasi riservata al termine nella stesura del Codice ha posto innegabilmente una rinnovata attenzione sull'azione manutentiva. È utile cercare di comprendere quali siano le ragioni per cui si è avvertita questa esigenza.

La presa di distanza, se così si può dire, della conservazione, dalla pratica della 'semplice' manutenzione, può rintracciarsi, *in nuce*, nella stessa nascita del restauro modernamente inteso, in quel momento storico e culturale in cui si riconoscono l'architettura e l'arte del passato come valore di testimonianza, e il rapporto con le



Fig.1. 6: Giovanni Battista Piranesi, Altra Veduta degli avanzi del Pronao del Tempio della Concordia da Vedute di Roma, 1774, incisione su carta, Portland Art Museum.

opere del passato cambia definitivamente; nel momento in cui cioè avviene quello che Brandi definì successivamente come l'atto del 'riconoscimento' (Brandi, 1963).

Da quel momento si avvia uno scollamento che è infine esito inevitabile dell'evoluzione

della cultura 'occidentale'⁹ del restauro, in cui ha prevalso un paradigma “recente quanto pervasivo ai limiti della sacralità che è stato quello della autenticità delle opere d'arte, come valore primario e imprescindibile” (Rossi Pinelli, 2012, p. 13) e dell'inviolabilità della materia di cui sono costituite.

L'assioma dell'autenticità, innestatosi nella pratica del restauro dal XIX secolo in poi, ha profondamente modificato gli approcci alla conservazione dei monumenti fino ad

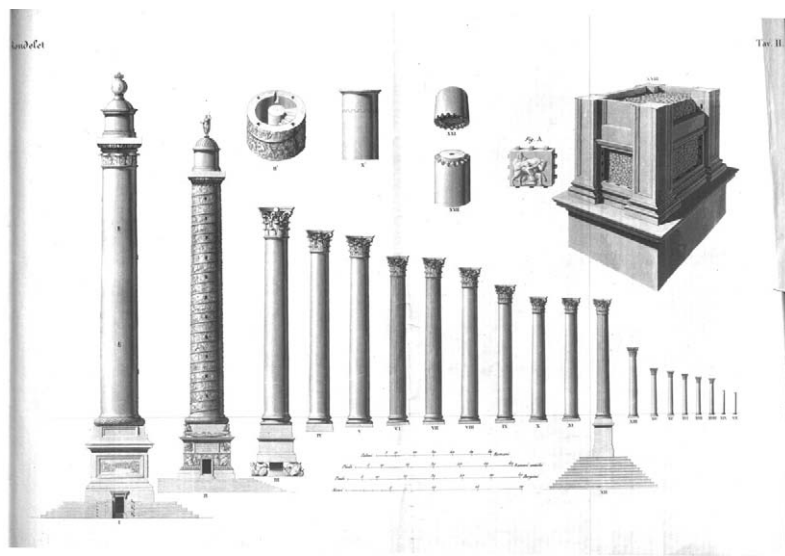


Fig.1. 7: Jean-Baptiste Rondelet, *Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare - TAVOLA II - Parallelo delle colonne di un solo pezzo ed altre in più strati eseguite dagli antichi in porfido, in granito, in marmo ed in pietra, con varie opere di tal genere eseguite dai moderni.*

allora seguiti. La rilettura degli avvenimenti intorno a casi documentati di restauri svolti tra Sette e Ottocento¹⁰ rivela le profonde trasformazioni del pensiero del periodo e, come viene sottolineato, mostrano continue affinità con il dibattito contemporaneo sull'approccio agli interventi di restauro e sul trattamento delle superfici dell'architettura storica (Muratore, 2016).

9 L'imperativo dell'autenticità e conseguentemente della salvaguardia materica, ha permeato la cultura occidentale del restauro. E' stato osservato come questo concetto abbia indotto il mondo del restauro occidentale a guardare con sufficienza le modalità di intervento sui monumenti della cultura della conservazione dell'estremo oriente (Rossi Pinelli, 2012). Per un approfondimento degli approcci alla conservazione della cultura orientale si veda ad esempio (Niglio & Kuwakino, 2010).

Per una breve rassegna dell'evoluzione dell'approccio al 'restauro' in occidente, nei vari periodi storici dalla Grecia antica agli orientamenti più recenti, si veda invece (Marconi, 1984) e (Amoroso, 2002).

10 Sull'argomento esiste un'ampia bibliografia. Una discreta rassegna si trova in (Marconi, 1984) e (Marconi, 1995); in quest'ultimo in particolare Paolo Marconi si sofferma sul restauro dell'Arco di Tito a Roma condotto da Stern prima, e Giuseppe Valadier poi, per riflettere sulla volontarietà o meno della distinguibilità delle integrazioni. Si vedano inoltre: (Ciatti, 2009); il volume a cura di Stella Casiello "Verso una storia del restauro. Dall'età classica al primo Ottocento" (Casiello, 2008), e il suo saggio nello stesso volume; (Cecchini, 2012).

Nel caso della pietra delle architetture monumentali e nelle opere scultoree, nell'antichità i trattamenti e le finiture avevano normalmente finalità più estetiche che protettive (Amoroso, 2002)¹¹. Vero è che, più o meno volontariamente, veniva così spesso garantita anche una conservazione della materia costitutiva dell'opera per un discreto lasso di tempo. Un esempio di questo effetto protettivo è documentato da (Biliotti, Bonsanti, Lalli, & Sartiani, 2000) nello Stemma Martelli, attribuito a Donatello. L'alto rilievo policromo realizzato in un'unica lastra di pietra serena, oggi conservato a Firenze al Museo Nazionale del Bargello, è stato esposto in esterno dalla metà del Quattrocento fino al 1779; il buono stato conservativo (è ancora visibile sotto la policromia la lavorazione a gradina della superficie della pietra), fa pensare che la policromia, oltre a un'originaria collocazione in esterno presumibilmente riparata, abbia rallentato i processi di degrado (Biliotti et al., 2000).

Anche quando non si realizzava una policromia, in passato si utilizzavano spesso oli, cere o intonaci, stucchi e scialbature (*dealbatio*) per le pietre più povere di cui si apprezzava meno l'aspetto, apponendo così strati sicuramente protettivi (Amoroso, 2002). L'uso di alterare l'aspetto dei materiali per farli somigliare ad altri secondo il gusto delle epoche si è protratto anche in età moderna.

Il restauro delle statue marmoree delle nicchie esterne di Orsanmichele a Firenze condotto tra il 1986 e il 2000 dall'Opificio delle Pietre Dure di Firenze ha permesso di accertare la presenza di patinature scure con olio misto a pigmenti frutto di un intervento eseguito verso la fine del Settecento¹² sulle statue marmoree in esterno, mantenuto da successivi interventi di manutenzione attuati nel 1869-70 e anzi forse addirittura ripetuto nel trentennio successivo (Giusti et al., 2001). Oggi il gruppo scultoreo dei 'Quattro Santi Coronati' di Nanni di Banco, cui si riferiscono i dati dello studio richiamato, si trova conservato all'interno del Museo di Orsanmichele, sostituito all'esterno da una copia.

Oli e cere erano applicati in passato anche per il gusto 'antichizzante' di patinare i marmi con olio di lino pigmentato per attenuare il candore o per ridare lustro ai marmi dopo drastiche puliture (documentate già nel corso del Trecento), trattamento cui

11 Amoroso ripercorre sinteticamente le tappe delle fasi storiche del trattamento lapideo, dall'antica Roma, rifacendosi agli studi di Gnoli (1971) e (Canavesio, 2002). Sui trattamenti dei marmi nell'antichità si veda (Manzelli, 1994). Per la decorazione pittorica della scultura in pietra si veda inoltre (Rinaldi, 1990).

12 È stato anche dimostrato che il trattamento non risale al momento di realizzazione (anzi in origine dovevano essere presenti delle dorature), ma appunto alla fine del Settecento, epoca in cui si andava affermando un gusto antichizzante ispiratore di trattamenti di 'brunitura' dei marmi' (Giusti et al., 2001).

sembrano essere stati sottoposti gli articolati altorilievi del Pulpito marmoreo di San Giovanni Fuoricivitas a Pistoia (Giusti & Samarelli, 1997).



Fig.1. 8: Capitello della Lanterna, Cattedrale di Santa Maria del Fiore, Firenze

Il trattamento delle pietre attuato con specifiche finalità protettive/conservative, entra nel panorama del restauro dei monumenti solo dal XIX secolo in poi. Prima di quel momento i 'restauri' dei monumenti o, più propriamente, gli interventi sui monumenti, avevano un carattere pratico e contingente (Amoroso, 2002) di decoro, di riparazione, di mantenimento in efficienza. Nel primo secolo di dibattito sul restauro si assiste a una progressiva presa di distanza da pratiche fino ad allora in uso e alle prime accese dispute tra chi propendeva per il mantenimento delle pratiche consuete, indifferenti al rispetto dell'autenticità, e chi si incamminava verso la difesa dell'autenticità e della lettura del passaggio del tempo. Olivia Muratore nel suo studio su "L'uso del 'bianco' nel restauro architettonico a Roma nel XIX secolo" rilegge le discussioni in ambiente romano della seconda metà dell'Ottocento attorno alla prassi in auge nella prima metà del XIX secolo, derivata dalle tecniche costruttive tradizionali, di 'scialbare', per scopi di conservazione e di rigenerazione urbana, con "due mani di bianco di calce", le facciate dell'architettura storica, in pietra da taglio, in cortina o in intonaco (Muratore, 2016). Sebbene all'epoca comunemente usate, queste pratiche cominciarono a essere avversate in difesa del mantenimento della "patina" e il cambiamento di impostazione venne recepito anche nei regolamenti cittadini: "Prima del 1864, l'amministrazione comunale non sembra dare indicazioni specifiche sul restauro e la manutenzione delle facciate degli edifici. A partire da tale data, nei regolamenti si riscontra una nuova sensibilità rispetto al dibattito culturale del tempo, relativo alla prassi diffusasi nella metà dell'Ottocento di coprire indistintamente i fronti degli edifici, compresi gli elementi decorativi di facciata più lavorati. Infatti, il regolamento del 1864 viene integrato da una specifica dell'art. 24, del 16 maggio 1872,

riguardo il divieto “di dipingere le decorazioni in pietra da taglio e le cortine di mattoni arruotati dei prospetti delle fabbriche”, si inizia perciò, anche a livello normativo, a dare un’attenzione particolare alle lavorazioni superficiali dei materiali lapidei di facciata e a cambiare atteggiamento rispetto alle imbiancature“ (Muratore, 2016).

2.3 Nuovo/Antico. Riflessioni intorno al concetto di durabilità

La conservazione programmata, così come si è delineata per normativa e prassi, presuppone una ripetizione a intervalli pianificati, di un intervento teso alla salvaguardia del bene, e i criteri di intervento sul patrimonio culturale sono stati declinati e si declinano a seconda del significato attribuito al concetto di autenticità. Allo stesso modo, vi è una stretta interconnessione tra gli esiti verso diversi processi manutentivi e la nozione di durabilità nel settore dei beni monumentali.



Fig.1. 9: Imperia, intonaci degradati su villino primo Novecento.

Della Torre e Gasparoli osservano come nell’ambito del patrimonio storico architettonico il termine ‘manutenzione’ sia tutt’altro che *innocente* comportando spesso sostituzioni radicali di componenti, e come sia essenziale invece che le forme di attuazione della conservazione programmata trovino diversificazioni tra il costruito tutto e il costruito storico (Della Torre & Gasparoli, 2007).

Sotto l’aspetto dell’*innocenza* in effetti, come abbiamo visto nel paragrafo precedente, la manutenzione soffre di implicazioni semantiche dovute alla sua storia e alle contestualizzazioni cui è stata sottoposta nelle varie culture. Inoltre l’azione manutentiva (in questo caso può benissimo dirsi azione conservativa) non può esplicitarsi indefinitamente solo con l’ispezione, il controllo o la prevenzione dei fattori di degrado al contorno e deve infine - accettata l’ineluttabilità del degrado, naturale e inarrestabile, dei materiali tutti -, presto o tardi comportare un’azione di rinnovo,

rimandando così al concetto di durabilità.

In piena analogia con le riflessioni di Della Torre e Gasparoli viste sopra, si può osservare che nemmeno il termine 'durabilità' - attorno a cui si impenna la stesura dei Piani di Manutenzione - sia pienamente *neutrale*.

Anche in questo caso il problema ruota intorno a doppiezza semantica del termine che secondo un'accezione prelude a una prospettiva di durata nel tempo e secondo un'altra impone di programmare una dismissione. Il concetto di durabilità è connotato con la natura stessa dell'architettura¹³. Nella disciplina del restauro il termine è entrato



Fig.1. 10: Il Samuele, di Giovanni Battista Tassara – oggi al Museo dell'Opera del Duomo di Firenze - e la copia, eseguita da Marcello Del Colle nella Bottega dell'Opera del Duomo di Firenze. La copia è stata ricollocata sulla facciata della Cattedrale di Santa Maria del Fiore, nel settembre 2017.

13 La firmitas e durabilitas delle architetture del passato.

14 Il termine 'durabilità' è comunemente in uso nel settore dell'edilizia. Dal punto di vista legislativo, il requisito di durabilità dei componenti edilizi è definito a livello nazionale dalla Norma UNI 11156 Valutazione della durabilità dei componenti edilizi. Si veda (Daniotti, 2009). Riferimenti normativi: ISO 15686-1, Buildings and constructed assets. Service life planning. General principles and framework, 2011; UNI 11156-1 Valutazione della durabilità dei componenti edilizi. Terminologia e definizione dei parametri di valutazione, 2006. Si rimanda a (Molinari, 2003).

con l'opera di Giovanni Urbani e con l'eredità del suo pensiero. Tuttavia, la forma, utilizzata nel lessico del restauro per la questione della manutenzione programmata, è condivisa, nella fattispecie quasi mutuata, dai campi più tecnologici dell'industria e dell'edilizia¹⁴ e verte prevalentemente nella previsione delle probabilità di durata del componente edilizio. In questa accezione il concetto di durabilità implica l'esistenza di un termine temporale di vita utile, di una soglia temporale, oltre la quale le prestazioni o le funzionalità di quel componente scendono sotto una soglia di accettabilità e affidabilità tale da imporre la dismissione del componente stesso e la programmazione appunto del fine vita utile.

E' del tutto evidente che la disciplina del restauro fatichi ad

applicare questa accezione del termine alla materia costitutiva dell'opera d'arte e dei monumenti. I beni architettonici monumentali a differenza dei beni mobili, ed entro certi limiti anche dei siti archeologici musealizzati, non possono essere posti nella loro interezza al riparo dall'ambiente esterno e dall'uso. I fattori di degrado non possono quindi mai essere rimossi completamente.



Fig.1. 11: Mantova, Portico del Palazzo del Capitano, Piazza Sordello, 2006.

Come abbiamo visto, in risposta al criterio di autenticità¹⁵, le pratiche manutentive di rinnovo a fini di decoro o 'pubblica incolumità' della 'pelle' dei monumenti, si sono sostanzialmente esaurite tra la fine dell'Ottocento e la prima metà del secolo scorso. Da

15 Per una riflessione sul concetto di autenticità e restauro si vedano: Battaglia S., Autenticità, in Grande Dizionario della Lingua Italiana, Torino, 1961, p. 853; Dezzi Bardeschi M., Autenticità materiale contro mera analogia formale, in Valtieri S. (a cura di), Della bellezza ne è piena la vista!, Roma, 2004, pp. 132-147; Ugo V., "Autenticità" e "verità", in «Ananke», 2, 1993, pp. 6-9. Si veda (AA.VV, 1994). Si vedano inoltre gli atti del convegno tenutosi a Venezia nel 1999, "I principi fondativo del restauro architettonico", svoltosi nell'ambito dei lavori preliminari alla Conferenza Internazionale sulla Conservazione «Cracovia 2000» (AA.VV., Cristinelli, Foramitti, & a cura di, 1999) .

quel momento, solo dopo che tutte le altre tecniche sono state esperite, si ricorre esclusivamente come ultima opzione al ricovero degli apparati scultorei o delle componenti più figurative e alla sostituzione di porzioni di paramenti, membrature, intonaci, ecc.. Entra quindi infine in campo anche il criterio, ineludibile, della selettività. Così, ogni diversa impostazione conservativa applica (o ritiene applicabile) il concetto di durabilità solo a ciò che ritiene sacrificabile. Proprio sotto questa luce si può rileggere ad esempio l'accesa disputa tra le posizioni di Paolo Marconi, “appassionato della ‘banale’ *Manutenzione*”¹⁶, e il restauro di pura conservazione.

Nel campo del restauro dei monumenti quindi il termine ‘durabilità’, per la programmazione dei cicli manutentivi si può applicare solo agli ‘strati dei sacrificio’, ‘strati di sacrificio’ che sono andati sempre più assottigliandosi fino a dimensioni nano molecolari in maniera inversamente proporzionale all’accentuarsi del criterio di autenticità.

Gli strati di sacrificio costituiti dai trattamenti protettivi della pietra, saranno il campo di indagine più operativo di questa tesi.

16 Come lui stesso si definiva, in Marconi P. *Arte e cultura della manutenzione dei monumenti*, (Marconi, 1984).

2.4 Specificità / genericità. Dicotomia di un sistema

In apertura di questa tesi si è affermato che esistono delle problematiche nell'attuazione della conservazione programmata per le superfici decorate dell'architettura e si è stabilito di ricercare alcuni dei fattori di ambiguità affrontando il caso dei protettivi idrorepellenti per la pietra. Si è visto come la maturità della disciplina del restauro lasci spazio per diversi approcci volta volta correlati alla specificità dell'oggetto, ai valori da tutelare, alle valutazioni del restauratore. Ricorre sempre comunque un richiamo alla specificità dell'intervento conservativo in relazione all'oggetto da conservare, sia esso un intervento di restauro propriamente detto o un intervento di conoscenza, di prevenzione o di manutenzione.

Tuttavia questa specificità non trova adeguata risposta nel sistema di mezzi e strumenti a disposizione per programmare la conservazione (in tutte le sue forme), condizionati piuttosto da molteplici gradi di genericità, sia in relazione alle informazioni a disposizione per la programmazione, sia in relazione ai prodotti disponibili sul mercato.

In riferimento alla letteratura relativa ai trattamenti conservativi, già nella prima edizione del 1996 di un testo fondamentale per il quadro generale degli studi condotti sulla conservazione dei materiali lapidei in contesti monumentali, *Stone Conservation: An Overview of Current Research*, (Price, 1996) , Timothy P. Whalen, allora direttore del Getty Conservation Institute, denunciava come gli studi dei precedenti vent'anni, pur altamente specialistici, riguardassero prevalentemente la modalità di applicazione di particolari prodotti in specifici casi studio, spesso senza riportare la fase di ricerca che a monte aveva motivato la scelta di un prodotto e ancor più spesso senza monitoraggio sul comportamento dei materiali e sugli effetti ambientali e (aggiungiamo), senza monitoraggio dell'efficacia dei trattamenti a medio e lungo termine¹⁷; Whalen sosteneva inoltre che, nonostante la ricchezza di studi, mancasse uno sforzo concertato per valutare la direzione in cui la ricerca era andata progredendo e se quella direzione si stava dimostrando proficua o meno (Timothy P. Whalen in Price, 1996, pp. x-xi) .

Quindici anni dopo, Eric Doehne e Clifford A. Price, nell'aggiornare la rassegna dello stato dell'arte della successiva edizione del 2010 riconoscono l'indubbio aumento

¹⁷ Si rimanda per questo aspetto alla sezione successiva di questa tesi.

dell'efficacia della ricerca per l'ingresso di ricercatori di alto livello, per l'ampia disponibilità e accessibilità dei contributi scientifici più recenti e della letteratura grigia sui canali dedicati del web e per l'aumento delle ricerche svolte dalle università (Doehne & Price, 2010, p. 66) . Tuttavia riconoscono anche come manchino ancora gli strumenti per rendere utilizzabili la grande quantità di informazioni, come indici di citazioni, database più completi del materiale di ricerca relativo alla conservazione, suggerendo ad esempio opportunità come un Wiki, per una raccolta delle risposte della ricerca sulla conservazione¹⁸ (Doehne & Price, 2010, pp. 77–78) .

A denunciare lo stesso problema con una certa precocità, come preziosamente ricorda Giorgio Bonsanti nel suo articolo “Giorgio Torraca come didatta” era già stato appunto Giorgio Torraca : “[...] la principale difficoltà consiste nella sistemazione delle nozioni accumulate per arrivare ad un modello interpretativo utilizzabile, per trarne delle conseguenze operative immediate [...] i provvedimenti presi in passato non sono stati adeguatamente documentati (colpa di chi li ha applicati) né sottoposti a ispezione e manutenzione (colpa nostra). Non si può dire che siano falliti”¹⁹, (Bonsanti, 2013, pp.65–69); il “recupero dell'informazione dispersa”²⁰ (Torraca, 2010, pp. V–VII), che Giorgio Torraca cercò e incoraggiò.

Questo enorme patrimonio di conoscenze e informazioni non trova quindi un immediato e adeguato trasferimento alla pluralità di soggetti coinvolti nel progetto della conservazione e della programmazione della conservazione. Una platea vasta e variegata, e che spesso, almeno nel panorama italiano, può oltretutto non avere la possibilità e le risorse disponibili in termini economici e temporali per attuare quel processo virtuoso di studio e progetto della conservazione che richiede un coinvolgimento multidisciplinare e le necessarie fasi di indagine prima e stesura di consuntivi scientifici finali poi. Un trasferimento mancato sull'ampio spettro dell'operatività, dalla formazione universitaria, alla formazione professionale, alla prassi progettuale e operativa.

18 "Addressing these gaps would accelerate the return on our investment in research and would add new tools to the stone conservator's kit". (Doehne & Price, 2010, p. 78)

19 Gli scritti di Torraca ricordati da Giorgio Bonsanti nell'articolo su citato, sono comparsi nel contributo di Torraca: “L'attuale stato delle conoscenze sulle alterazioni delle pietre: cause e metodi di trattamento”, in “Sculture all'aperto. Degradazione dei materiali e problemi conservativi”, mostra documentaria e convegno scientifico (Ferrara-Bologna, 1969), Ente bolognese delle manifestazioni artistiche, Bologna 1969, pp. 9-30 (Torraca, 1969) e nella raccolta degli scritti di Torraca “La cura dei materiali nel restauro dei monumenti” volume curato da Maria Piera Sette, Roma 2001, pp. 9-23 (Torraca & Sette, 2001) ; (Bonsanti, 2013, pp. 65–69).

Così, l'uso di alcuni prodotti si diffonde più per consuetudine e per disponibilità che non per adeguatezza al caso, su un inevitabile humus di genericità, producendo addirittura differenze a livello geografico nel trattamento della pietra.

Un altro grado di genericità, è determinato dal fatto che il restauro ha sempre preso a prestito materiali nati per altri settori (Borgioli, 2002); quindi è stata spesso la ricerca che si è adattata alla valutazione delle possibili applicazioni di prodotti nati per altro e ai possibili effetti sui supporti da restaurare; noto è il caso del Fomblin, nato per usi aerospaziali e utilizzato poi nel restauro, oppure i casi dei silicati nell'Ottocento, i cosiddetti vetri liquidi, sviluppati con l'obiettivo di rendere il legno resistente al fuoco e utilizzati poi per il restauro della pietra, o ancora dei fluosilicati, il cui uso è documentato già intorno agli anni cinquanta dell'Ottocento (Franco Tomaselli, 2005). Interessante l'immediato raffronto tra le date di comparsa di alcuni polimeri di sintesi e

20 Nella presentazione al lavoro di sistematizzazione proposto da Lazzarini e Tabasso "Il restauro della pietra" (Lazzarini & Laurenzi Tabasso, 2010) prima edizione del 1986: "Dal punto di vista della conoscenza delle cause si è potuto rapidamente vedere che i peggiori mali di cui le pietre soffrivano erano l'ignoranza (informazioni dimenticate o disperse nei testi di diverse scienze) e l'inerzia (obsolescenza dei sistemi tradizionali di manutenzione e sfiducia nelle novità, spesso per la verità assai male applicate). In realtà molte delle notizie necessarie per una corretta interpretazione dei processi di degrado erano già state trovate, talvolta da molto tempo, ma in massima parte erano state dimenticate, come erano state dimenticate, o frettolosamente condannate, le molteplici tecniche di intervento usate in varie epoche. Il caso della conservazione della pietra è un buon esempio per dimostrare che quello che manca alla tecnologia della conservazione per divenire una scienza è la memoria: le informazioni sui tentativi del passato o non sono state mai scritte o sono disperse in archivi mal tenuti e in una miriade di pubblicazioni occasionali sparpagliate negli scaffali più vari delle biblioteche. Non esiste un Chemical Abstracts che permetta di rintracciare rapidamente i precedenti analoghi di un caso che si presenta, e nemmeno si ritrovano facilmente i precedenti del caso in questione, cioè la cartella clinica del monumento considerato. Il recupero dell'informazione dispersa che è indispensabile per il progresso di una scienza interdisciplinare come quella della conservazione richiede l'identificazione delle nozioni utili in diversi domini della scienza e della tecnica, e le persone capaci di eseguire questo recupero devono avere un continuo contatto coi problemi del restauro e del degrado, perché solo questo permette loro di selezionare le informazioni pertinenti al problema da quelle che non lo sono. Marisa Tabasso e Lorenzo Lazzarini fanno appunto parte del numero ristretto di persone che progredendo simultaneamente su tre linee di lavoro (il contatto diretto con le superfici degradate, le prove di laboratorio e lo studio della letteratura tecnica) ha rimesso insieme il modello frantumato e disperso e costruito uno schema coerente, anche se per ora solo approssimato dell'alterazione e della conservazione delle pietre. È solo l'esistenza di tale modello teorico che permette adesso di dare un senso alle operazioni di restauro e di comprenderne i limiti; ed è quindi sulla base di questa teoria che diviene possibile un intervento sulla pietra con ragionevoli possibilità di successo." (Torraca, 2010, pp. V-VII)

la loro introduzione nel settore del restauro proposta da Leonardo Borgioli, dove evidenzia come a distanza di 5-15 anni dalla introduzione sul mercato di un dato polimero, si è cominciata la sua applicazione nel settore del restauro (Borgioli, 2002, p. 5) . Si veda anche (AA.VV, 2005).

Oltretutto si è accentuato in tempi recenti un altro fenomeno che riduce ulteriormente il numero dei prodotti e dei trattamenti disponibili dissociando sempre più i risultati della ricerca dalla prassi operativa e che rischia di azzerare gli effetti di molta della ricerca e della sperimentazione effettuata negli ultimi anni nel campo della conservazione della pietra.

Il fenomeno è legato a due importanti aspetti: il primo è il rispetto delle numerose normative in materia di salute, ambiente, certificazione dei prodotti, ecc.; l'altro, per certi versi correlato al primo, è un criterio di economicità che sacrifica, come già in passato, il settore di nicchia del restauro. Così molti prodotti sperimentati e utilizzati in passato non possono più essere utilizzati perché i solventi capaci di rimuoverli sono fuori commercio per un'elevata tossicità.

Ancor più grave forse il caso recentissimo e ancora non abbastanza noto dell'ammonio ossalato²¹: impiegato come protettivo-consolidante negli interventi di restauro su affreschi nella tecnica messa a punto da Mauro Matteini dell'Opificio delle Pietre Dure e poi utilizzato come consolidante dei marmi, con risultati dichiarati da tutti, ottimi, rischia di sparire dal panorama degli interventi di restauro. Da un recente confronto con il Dott. Leonardo Borgioli, chimico, ricercatore Syremont e poi responsabile tecnico dell'ufficio tecnico-scientifico di C.T.S. S.r.l. è risultato che il prodotto ammonio ossalato non sia stato registrato al REACH²², il registro Registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche della ECHA, la European Chemicals Agency, e non sia quindi più vendibile se non a esaurimento della giacenza presente al 31/5/2018²³, che però, ha ovviamente già quintuplicato il suo prezzo. "La registrazione si basa sul principio "una sostanza, una registrazione". Ciò significa che i fabbricanti e gli importatori della stessa sostanza sono tenuti a presentare insieme la loro registrazione. Le informazioni spettrali e analitiche fornite devono essere coerenti e sufficienti a confermare l'identità della sostanza. La registrazione di una sostanza generalmente prevede il versamento di una tariffa"("Registrazione - ECHA," n.d.).

Esiste sempre la possibilità di acquistare il prodotto reagente, tuttavia a prezzi molto più alti. Nel caso del restauro in corso al Battistero per esempio, la Soprintendenza e

21 Si rimanda anche a quanto si riporterà nel prosieguo della tesi su un'applicazione nel caso studio indagato.

l'impresa valutavano di ripetere il trattamento sulla balaustra del Lato 8, come già fatto nel 2014 per i Lati 1 e 2 proprio con l'ossalato di ammonio, ma hanno stabilito, per le ragioni sopra dette, di non procedere più in tal senso.

L'ammonio ossalato potrebbe trovare altri compagni tra i prodotti utilizzati nel restauro. In questa direzione potrebbero essere del tutto vanificati molti sforzi della ricerca, uno fra tutti ad esempio, quello dell'uso di microrganismi per la biorimozione delle croste nere²⁴ (Gioventù & Lorenzi, 22AD, pp. 127–138), già all'epoca della sperimentazione valutato come 'non troppo costoso'.

22 REACH è l'abbreviazione di Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, ossia registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche; il regolamento è entrato in vigore il 1° giugno 2007. "REACH è un regolamento dell'Unione europea adottato per migliorare la protezione della salute dell'uomo e dell'ambiente dai rischi delle sostanze chimiche, stimolando nello stesso tempo la competitività dell'industria chimica europea. Il regolamento promuove altresì metodi alternativi per la valutazione dei pericoli che le sostanze comportano allo scopo di ridurre il numero di test effettuati sugli animali. In linea di principio, il regolamento REACH si applica a tutte le sostanze chimiche: non solo a quelle utilizzate nei processi industriali, quindi, ma anche a quelle che vengono adoperate quotidianamente, ad esempio nei detersivi o nelle vernici, e quelle presenti in articoli come gli abiti, i mobili e gli elettrodomestici. Il regolamento, quindi, interessa la maggior parte delle aziende di tutta Europa. Il regolamento REACH attribuisce alle aziende l'onere della prova, per cui le aziende, a norma del regolamento, devono identificare e gestire i rischi collegati alle sostanze che producono e vendono nell'Unione europea, dimostrare all'ECHA come utilizzare tali sostanze senza correre rischi e informare gli utenti delle misure di gestione dei rischi. Se tali rischi non sono gestibili, le autorità hanno la facoltà di imporre varie limitazioni all'uso delle sostanze e nel lungo termine le sostanze più pericolose devono essere sostituite con sostanze meno pericolose.... Il regolamento REACH stabilisce le procedure per l'acquisizione e la valutazione dei dati sulle proprietà e sui pericoli delle sostanze. Le aziende devono procedere alla registrazione delle loro sostanze e a tale scopo devono collaborare con le altre aziende che registrano le stesse sostanze. L'ECHA riceve e valuta la conformità delle singole registrazioni e gli Stati membri dell'UE valutano le sostanze selezionate per chiarire le problematiche iniziali per la salute dell'uomo e dell'ambiente. Le autorità e i comitati scientifici dell'ECHA stabiliscono se i rischi delle sostanze possono essere gestiti o no. Se i rischi delle sostanze pericolose non possono essere gestiti, le autorità hanno la facoltà di bandirle, limitarne l'uso o assoggettarlo a un'autorizzazione.

Le implicazioni del regolamento REACH per le aziende

Il regolamento REACH interessa una vasta gamma di aziende appartenenti a numerosi settori, anche quelle che potrebbero non ritenersi interessate dalle problematiche relative alle sostanze chimiche". ("Comprendere il regolamento REACH - ECHA," n.d.)

23 In base al regolamento REACH il 31 maggio 2018 era il termine ultimo per la registrazione di sostanze fabbricate o importate in quantitativi compresi tra 1 e 100 tonnellate l'anno ("Registrazione - ECHA," n.d.).

Quindi, per questi due aspetti, da un lato il problema, non tanto della mancanza di studi, sperimentazioni e ricerche, quanto piuttosto dell'estrema specificità dei contributi e dalla mancanza di un quadro di insieme, dall'altro il problema di una disponibilità di prodotti sul mercato influenzata dalla convenienza economica piuttosto che dalle reali esigenze della conservazione, il restauro dei monumenti si trova a dover affrontare una dicotomia specificità/genericità su un duplice livello:

- in riferimento alla letteratura relativa alla conservazione programmata e ai trattamenti conservativi dove la specificità della ricerca si scontra con una genericità delle informazioni a disposizione per la programmazione e per la scelta dei trattamenti da effettuare,

- in riferimento ai prodotti disponibili sul mercato, dove la specificità dell'intervento si scontra con numero limitato di prodotti a disposizione, non poi così specifici per il restauro.

Come abbiamo visto la ricerca ha già delineato due piani di osservazione uno legato alle problematiche teoriche del restauro e ai risvolti operativi nella pratica, e uno più tecnico, legato a questioni più operative. Abbiamo constatato che il restauro si intesse su principi di specificità, ma le opzioni a disposizione, per quanto riguarda norme, protocolli, prodotti e prassi sono in realtà molto generiche e condizionati da fattori che non riescono a oltrepassare il circolo di nicchia.

2.5 Conclusioni

La continua e crescente attenzione al tema della manutenzione (programmata, preventiva), è espressione che molte questioni restano aperte; molta letteratura indaga l'argomento della manutenzione programmata dei monumenti e la questione dell'efficacia dei trattamenti consolidanti e conservativi per i materiali lapidei, ma un quadro d'insieme e un'organizzazione dei dati in vista di una reale utilità per la manutenzione dei beni monumentali sono ancora mancanti.

24 Tra i vari studi condotti in questo senso si riporta appunto questo sulla sperimentazione di biorimozione delle croste nere la cui efficacia è stata testata sulla scultura Allegoria della Morte, 1870 di Giuseppe Lazzarini, proveniente dal Cimitero degli Inglesi di Firenze dall'Opificio delle Pietre Dure di Firenze. La ricerca è sfociata in una spin-off.

Sul piano della manutenzione programmata dei beni culturali l'analisi della letteratura può far affermare l'esistenza di una reale difficoltà applicativa legata a una pluralità di fattori. Molti contributi affrontano la questione da diverse prospettive, riconoscendo l'implicazione di molteplici fattori: fattori culturali (una sorta di 'immaturità' dei soggetti che dovrebbero occuparsi di conservazione preventiva); frammentazione delle competenze; una maggiore attrattiva in termini di visibilità del restauro nei confronti delle attività manutentive prive di risonanza (il restauro fa più notizia della costante silenziosa attività di cura e manutenzione) che disincentiva gli investimenti e la destinazione di risorse economiche alla manutenzione; incertezza dei vantaggi in termini economici a lungo termine (Borgarino, 2011).

Voci più isolate contemplano implicazioni più pratiche, tra le quali: mancanza di dati a disposizione dei soggetti che devono occuparsi di programmare la ciclicità degli interventi sulle superfici di pregio; assenza di un quadro d'insieme e di un'organizzazione dei dati e, voci ancor più isolate sostengono invece la manutenzione continua come perpetuazione di tecniche locali (Marconi, 1995).

Alla rassegna della letteratura inerente le sperimentazioni e le ricerche sui protettivi idrorepellenti per la pietra è dedicato il successivo capitolo di questa tesi.

3. Conservazione e Manutenzione. Il caso dei protettivi idrorepellenti per la pietra

3.1 Premessa

Come abbiamo visto nel capitolo precedente la conservazione programmata e la 'manutenzione' dei beni monumentali si scontrano con alcune criticità che rallentano il processo di attuazione proposto dal codice. Abbiamo constatato che esiste un problema specificità / genericità difficilmente risolvibile.

Il caso dei protettivi idrorepellenti per la pietra ci è sembrato emblematico di questa impasse ed è stato quindi assunto come caso di studio per verificare quali problematiche si incontrino per programmare la conservazione per questo specifico aspetto.

È doveroso precisare che questa tesi non si occupa di esprimere un giudizio di merito sulla bontà di un trattamento rispetto ad un altro, né tanto meno sul grado di compatibilità o reversibilità dei diversi tipi di trattamenti. Nemmeno ha l'intenzione di essere un trattato sulle cause e i meccanismi di degrado della pietra o sui metodi di trattamento e conservazione della pietra. Questi argomenti saranno semmai affrontati e trattati esclusivamente nella chiave di lettura della ricerca e molti dei riferimenti che saranno dati devono essere intesi come illustrativi piuttosto che come esaustivi, e utili a fornire una panoramica del campo d'indagine e a identificare le aree di forza e debolezza in cui concentrare l'ulteriore ricerca.

Si daranno comunque brevi cenni agli effetti dell'acqua sul degrado dei monumenti e delle opere d'arte esposte all'aperto, agli effetti dell'inquinamento atmosferico, ai principi di funzionamento dei protettivi per la pietra comunemente in uso.

3.2 Effetti dell'acqua sul degrado dei monumenti

È noto che il deterioramento dei materiali è un processo naturale, progressivo e inarrestabile, risultato di processi fisici, chimici, meccanici e biologici, e per le pietre utilizzate come materiale da costruzione i processi sono accentuati anche dai danni provocati dalle lavorazioni subite (estrazione, lavorazione, finitura, modellato) e dagli effetti dell'inquinamento (Amoroso & Fassina, 1983; Lorusso, Mirabelli, & Viviano, 2006; Price, 1975; Smith, Gomez-Heras, & McCabe, 2008; Torraca, 1976) .

Tra i meccanismi generalmente riconosciuti responsabili del deterioramento di pietre, malte, laterizi e altri materiali porosi costitutivi del patrimonio monumentale si possono elencare: fenomeni indotti da azioni atmosferiche (pioggia, vento, atmosfere aggressive, salsedine, irraggiamento), sollecitazioni meccaniche dovute alla formazione e alla crescita di cristalli dei sali presenti e quelle dovute ai cicli gelo / disgelo dell'acqua presente nelle porosità, dissoluzione di uno o più minerali costituenti la materia cristallina dovuti all'azione dell'acqua o di soluzioni acide, conseguenze fisiche e chimiche della crescita materiali di organismi come batteri, alghe e funghi; si vedano Amoroso & Fassina (1983, p. 2) e Lazzarini & Laurenzi Tabasso (2010, pp. 15–81).

Molti di questi fenomeni sono legati alla presenza dell'acqua nelle pietre, che provoca reazioni chimiche nei costituenti stessi delle pietre, il trasporto dei sali e la loro migrazione e ricristallizzazione, la soluzione dei componenti degli inquinanti atmosferici in gocce d'acqua e il loro deposito sulle pietre. La stretta correlazione tra la presenza dell'acqua e i fenomeni di degrado è stata oggetto di moltissimi studi e ricerche, tra tutti possiamo ricordare il testo, postumo, della conferenza tenuta da Carlo Manganelli del Fà nella città di Modena il 02/04/1998 ²⁵; in questo testo Manganelli indica la presenza e l'azione dell'acqua come principale causa di degrado dei materiali lapidei per i manufatti esposti in esterno dall'osservazione di come, in corrispondenza o in prossimità delle discontinuità strutturali di diverse pietre: Pietraforte, Pietra Serena, Pietra di Lecce, si evidenzino i degradi, e correlando strettamente gli effetti descritti al tipo di porosità e

²⁵ Il testo è stato raccolto e adattato da Carlo Gorgoni con il supporto di Fabio Fratini e Paolo Pallante.

non tanto alla minore o maggiore porosità, della pietra e del moderno conglomerato cementizio armato²⁶ (Manganelli Del Fà, 2002, p. 18). Anche in Lorusso et al. (2006) i maggiori fenomeni di degrado sono attribuiti principalmente alle variazioni di temperatura e trasferimenti di energia termica e alle variazioni dello stato dell'acqua e al suo movimento all'interno delle pietre.

Molti di questi fenomeni hanno avuto una accelerazione esponenziale con l'aumento dell'inquinamento (Amoroso & Fassina, 1983; Amoroso, 2002) (Doehne & Price, 2010, p. 255). Lazzarini e Tabasso osservano che l'influenza dell'inquinamento è particolarmente sentito sulle pietre meno porose, e secondaria su quelle molto porose con minerali argillosi sensibili all'acqua o per tufi vulcanici e calcarei caratterizzati da minore durabilità, per i quali prevale l'influenza dell'acqua di per sé e altri fattori come per esempio quelli climatici (Lazzarini & Laurenzi Tabasso, 2010, p. 59) .

Uno studio condotto da (Bonanni et al., 2006a) riporta i risultati dello studio sperimentale APAT-ICR per individuare una metodologia mirata alla quantificazione del danno causato dall'inquinamento atmosferico sui beni storico-artistici esposti all'aperto. Questo e altri studi sono confluiti in Bonanni et al. (2006b).

In estrema sintesi gli inquinanti considerati maggiormente aggressivi per i monumenti possono essere individuati nell'anidride carbonica (CO₂), nei composti dello zolfo e nell'anidride solforosa (SO₂), acido solfidrico (H₂S) e solfati (SO₄⁼) presenti negli aerosol; nel biossido di zolfo nell'atmosfera, causa principale dei processi di solfatazione (formazione di gesso = solfato di calcio biidrato, solubile) che portano alla degradazione e alla parziale perdita del materiale superficiale dell'opera; negli ossidi di azoto (NO_x) e acido nitrico (HNO₃), che esplica la sua azione corrosiva depositandosi sulle superfici dei materiali; nel particolato atmosferico (particelle carboniose da combustione di combustibili fossili, salsedine, pollini, gas da emissioni industriali) (Amoroso, 1995, pp. 111–130) (Brimblecombe in Siegesmund & Snethlage, 2014, pp. 324–332) .²⁷

Con l'aumento dell'inquinamento negli ultimi cinquanta, sessanta anni si è verificato anche un incremento del tasso di degrado nei monumenti (Borgioli, 2002) e l'esigenza di proteggere i manufatti in pietra esposti all'aperto con una 'barriera' nei confronti

26 "... proprio in loro corrispondenza risiede di preferenza, e quindi può meglio agire, l'acqua" (Manganelli Del Fà, 2002) .

27 Sicuramente utile per il confronto tra i numerosi contributi proposti il glossario illustrato ICOMOS-ISCS Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns che aiuta a definire e chiarire l'utilizzo dei termini in varie lingue, fornendo utili definizioni di termini comunemente utilizzati (AA.VV., 2008) .

degli agenti atmosferici e inquinanti si è fatta più pressante. Come è stato evidenziato nel capitolo precedente inoltre, più o meno nello stesso periodo, l'orientamento del restauro, nel rispetto dell'autenticità della testimonianza, si è sempre più spinto verso 'strati di sacrificio' il più possibili 'sottili', 'trasparenti', reversibili, compatibili. Una risposta all'esigenza di trovare trattamenti capaci di rallentare la penetrazione dell'acqua nelle superfici della pietra con quelle caratteristiche, è stata individuata nei decenni passati nei polimeri di sintesi.

3.3 Principi di funzionamento dei protettivi per la pietra

Per la valutazione dei protettivi per materiali inorganici porosi (materiali lapidei naturali e artificiali e dipinti murali), nel 1985 la commissione Normal istituì uno specifico gruppo "Sperimentazione Protettivi"²⁸ con il preciso compito di mettere a punto le più idonee metodologie per la valutazione dei prodotti idrorepellenti e sperimentare per quei metodi la riproducibilità e la sensibilità. Lo scopo non fu tanto quello di valutare l'efficacia dei prodotti testati, quanto quello di proporre una completa metodologia per la valutazione di un prodotto.

Il lavoro della commissione è confluito nella Norma UNI 10921:2001, "Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Prodotti idrorepellenti - Applicazione su provini e determinazione in laboratorio delle loro caratteristiche", tuttora in vigore²⁹.

28 Il gruppo "Sperimentazione Protettivi" era composto da 8 laboratori: il Laboratorio prove sui materiali dell'Istituto Centrale per il Restauro, Roma, il CNR.IS.C.O.M., Lecce, il Centro CNR per lo studio delle cause di deperimento e dei metodi di conservazione delle Opere d'Arte "G. Bozza", Milano, il Centro CNR per lo studio delle cause di deperimento e dei metodi di conservazione delle Opere d'Arte, Firenze, il Laboratorio indagini biologiche dell'Istituto Centrale per il Restauro, Roma, e della Soprintendenza ai Beni Artistici e Storici di Venezia, il Centro Cesare Gnudi - Soprintendenza per i Beni Storici e Artistici di Bologna, il Laboratorio di analisi - Soprintendenza per i Beni Culturali e Ambientali di Aosta, il Laboratorio Scientifico - Soprintendenza per i Beni Artistici e Storici di Venezia. Il gruppo ebbe il compito di unificare: i parametri necessari alla valutazione dei protettivi; le metodologie di prova da adottare per una corretta misura dei parametri; le metodologie di prova da adottare per l'invecchiamento artificiale. Una rassegna del lavoro svolto dal gruppo si trova in Fassina & Mecchi, (2008).

L'efficacia protettiva dei prodotti idrorepellenti è valutata attraverso la determinazione di alcune caratteristiche chimico-fisiche: la capacità di limitare l'assorbimento d'acqua, l'idrofobicità della superficie, la capacità di lasciare fuoriuscire l'acqua dal substrato lapideo come vapore, i valori cromatici.

La capacità di limitare l'assorbimento d'acqua è valutabile attraverso diverse prove; un primo metodo è la valutazione dell'assorbimento d'acqua per capillarità da parte di una superficie. La prova era eseguita fino al febbraio del 2010 secondo la UNI 10859:2000, "Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua per capillarità"³⁰. La norma è stata sostituita dalla Norma UNI EN 15801:2010, "Conservazione dei beni culturali - Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento dell'acqua per capillarità"³¹, che ha recepito la norma europea EN 15801 (edizione dicembre 2009).

Un secondo metodo per la valutazione della capacità di un prodotto di limitare l'assorbimento d'acqua è la determinazione dell'assorbimento d'acqua a bassa pressione da parte di una superficie; la prova indicata è stata normalmente effettuata secondo la Norma 44/93 "Assorbimento d'acqua a bassa pressione"³², Il test si esegue attraverso l'uso della "pipetta", o attraverso il tubo di Kartsten nel corrispondente Water

29 ICS : [91.100.15]. La norma descrive la metodologia per la determinazione in laboratorio delle caratteristiche prestazionali di prodotti idrorepellenti applicati su provini di materiali lapidei in vista di un loro utilizzo sui manufatti lapidei. In UNI Ente Italiano di normazione.

30 ICS: [91.100.15]. La norma, a sua volta preceduta dalla Norma 11/85 "Assorbimento d'acqua per capillarità: coefficiente di assorbimento capillare", definiva un metodo per la determinazione della quantità d'acqua assorbita per capillarità da un provino di materiale lapideo in contatto con acqua deionizzata per unità di superficie in funzione del tempo. In UNI Ente Italiano di normazione. La prova è eseguibile solo in laboratorio.

31 ICS : [97.195], entrata in vigore il 04/02/2010. La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 15801 (edizione dicembre 2009). "La norma specifica un metodo per determinare l'assorbimento dell'acqua per capillarità di materiali inorganici porosi utilizzati per, e che costituiscono, i beni culturali. Il metodo può essere applicato a materiali inorganici porosi sia non trattati che sottoposti a qualsiasi trattamento o invecchiamento". In UNI Ente Italiano di normazione.

32 Norma 44/93 "Assorbimento d'acqua a bassa pressione" , Roma : CNR : ICR, 1993, in Raccomandazioni Norma: alterazioni dei materiali lapidei e trattamenti conservativi: proposte per l'unificazione dei metodi sperimentali di studio e di controllo. La norma descrive il metodo per determinare il volume d'acqua assorbito a bassa pressione da una determinata superficie di materiale poroso dopo un tempo prefissato. Si impiega una particolare cella cava (pipetta) e la misura può essere effettuata sia in laboratorio che in situ. Secondo Fassina-Mecchi il metodo, per il fatto di poter essere eseguito sia in laboratorio che in situ consente di collegare con dati numerici le due valutazioni, (Fassina & Mecchi Annamaria, 2008, p. 80), ma risente molto dell'applicazione e della mano dell'operatore.

Absorption Tube Test RILEM II.4³³. Il metodo presenta tuttavia alcune problematiche oggettive fortemente legate alle condizioni termigrometriche dell'ambiente, alla effettiva adesione della pipetta o del tubo di Karsten alla superficie, alla manualità dell'operatore. I risultati sono molto variabili, ma è utile come test di confronto e per il fatto di poter essere eseguito sia in laboratorio che in situ. Negli anni 2000 il CNR avviò una serie di sperimentazioni per mettere a punto un nuovo metodo per determinare l'assorbimento d'acqua sviluppando una metodologia, detta "della spugna di contatto"³⁴. Si veda a questo riguardo (Pardini & Tiano, 2004). Il 18 ottobre 2011 la Commissione Centrale Tecnica dell'UNI ha approvato la norma elaborata dalla Commissione Beni Culturali – NORMAL che definisce il metodo per la determinazione dell'assorbimento d'acqua di un materiale lapideo tramite la spugna di contatto.

I protettivi idrorepellenti per la pietra di più recente utilizzo, si distinguono in due principali categorie: i polimeri del silicio e i polimeri del fluoro (la cui assonanza evoca alla memoria i danni avvenuti in passato per l'uso eccessivo di fluosilicati o del discusso Fomblin).³⁵

33 Il test ha il suo corrispondente in ambito internazionale nel WATER ABSORPTION TUBE TEST RILEM II.4 Reunion Internationale des Laboratoires D'essais et de Recherches sur les Materiaux et les Constructions (RILEM)

34 Diventata Norma numero : UNI 11432:2011 Titolo : Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Misura della capacità di assorbimento di acqua mediante spugna di contatto ICS : [91.100.15] Stato : IN VIGORE Commissioni Tecniche : [Prodotti, processi e sistemi per l'organismo edilizio] [Beni culturali] [Valutazione di metodi e prodotti utilizzati negli interventi di conservazione su materiali inorganici porosi che costituiscono il patrimonio culturale] Data entrata in vigore : 24 novembre 2011 Sommario : La norma definisce un metodo per la determinazione della capacità di assorbimento di acqua di un materiale lapideo per unità di superficie in funzione del tempo. La prova avviene mediante contatto, a pressione costante, di una spugna bagnata con acqua (spugna di contatto) e la superficie del materiale. Tra le Norme UNI Conservazione dei beni culturali, inerenti gli argomenti di questa ricerca, si ricordano dalle più recenti:

per il processo di conservazione: UNI EN 16853:2017 Processo di conservazione - Decisione, pianificazione e realizzazione (UNI, 2017); UNI EN 16085:2012 Metodologia per il campionamento dei materiali costituenti i Regole generali (UNI, 2012b); UNI EN 16096:2012 Indagine e rapporto dello stato di immobile (UNI, 2012c); UNI EN 15898:2012 Principali termini generali e definizioni (UNI, 2012a); UNI 11182:2006 Materiali lapidei naturali ed artificiali – Descrizione della forma di alterazione – Termini e definizioni (UNI, 2006b)

per la valutazione della prestazione dei prodotti: UNI EN 16581:2015 Protezione superficiale per materiali inorganici porosi - Metodi di prova di laboratorio per la valutazione delle prestazioni dei prodotti idrorepellenti (UNI, 2015b); UNI 10921:2001 Materiali lapidei naturali ed artificiali – Prodotti idrorepellenti – Applicazione su provini e determinazione in laboratorio delle loro caratteristiche (UNI, 2001)

I polimeri di sintesi dei quali in questa tesi indagheremo l'efficacia nel tempo, sono in particolare alcuni tra i più diffusi formulati utilizzati nei cantieri di restauro negli ultimi 15-18 anni, presenti con nomi differenti a seconda dei distributori, ma con analoghe formulazioni. Tra i polimeri del silicio si vedranno i polimetilsilossani (o silossani oligomeri reattivi che polimerizzano dopo l'applicazione sul supporto lapideo e evitano l'effetto filmogeno - Reazione di aggancio dei gruppi terminali etossi alla pietra, con eliminazione di piccole quantità di alcool etilico) e tra i polimeri del fluoro, i copolimeri esafluoropropene-fluoruro di vinilidene (con un contenuto di fluoro del 65%, di formula: $-(CH_2-CF_2)_m-(-CF_2-CF_2-CH_2-CF_2)_n-|CF_3$).

I protettivi in questione, entrano nelle porosità delle pietre e grazie alla forza dei legami molecolari, e sfruttando la tensione superficiale delle gocce d'acqua, ne impediscono l'assorbimento per capillarità garantendo comunque una permeabilità al vapore (Amoroso, 2002) (Borgioli, 2002) (Gasparoli & Talamo, 2006).

per i materiali lapidei, caratterizzazione e conservazione: UNI EN 16782:2016 Pulitura di materiali inorganici porosi - Tecniche di pulitura laser per i beni culturali (UNI, 2016); UNI EN 16515:2015 Linee guida per la caratterizzazione dei materiali lapidei naturali per la realizzazione di opere costituenti il patrimonio culturale (UNI, 2015a); UNI EN 16302:2013 Metodi di prova - Misura dell'assorbimento di acqua con il metodo della pipetta (UNI, 2013b); UNI EN 16242:2013 Conservazione dei beni culturali - Procedure e strumenti per misurare l'umidità dell'aria e gli scambi di vapore tra l'aria e i beni culturali (UNI, 2013a); UNI 11432:2011 Materiali lapidei naturali ed artificiali - Misura della capacità di assorbimento di acqua mediante spugna di contatto (UNI, 2011); UNI EN 15758:2010 Procedure e strumenti per misurare la temperatura dell'aria e quella della superficie degli oggetti (UNI, 2010a); UNI EN 15886:2010 Metodi di prova - Misura del colore delle superfici (UNI, 2010e); UNI EN 15801:2010 Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento dell'acqua per capillarità (UNI, 2010b); UNI EN 15802:2010 Metodi di prova - Determinazione dell'angolo di contatto statico (UNI, 2010c); UNI EN 15803:2010 Metodi di prova - Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua (dp) (UNI, 2010d); UNI 11186:2008 Materiali lapidei naturali ed artificiali - Metodologia per l'esposizione a cicli di gelo e disgelo (UNI, 2008); UNI 10705:2007 Analisi per fluorescenza a raggi X con strumentazione portatile (UNI, 2007); UNI 11177:2006 Materiali lapidei naturali ed artificiali - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN ISO 12571 - Prestazione igrotermica dei materiali e dei prodotti per edilizia - Determinazione delle proprietà di assorbimento igroscopico (UNI, 2006a); UNI 11085:2003 Materiali lapidei naturali ed artificiali - Determinazione del contenuto d'acqua: Metodo ponderale (UNI, 2003b); UNI 11060:2003 Materiali lapidei naturali ed artificiali - Determinazione della massa volumica e della percentuale di vuoti (UNI, 2003^a); UNI 10813:1999 Materiali lapidei naturali ed artificiali - Verifica della presenza di microrganismi fotosintetici su materiali lapidei mediante determinazione spettrofotometrica UV/Vis delle clorofille a, b e c (UNI, 1999).

35 Sampaolesi (1966), Improta (2013), Matteini e altri (2013)

Poiché l'acqua è coinvolta nella maggior parte delle forme di decadimento della pietra, un trattamento che previene l'ingresso d'acqua dovrebbe contribuire a ridurre le problematiche di conservazione. I funzionamenti e gli effetti di diversi protettivi sono contenuti negli studi condotti in occasione di alcuni cicli di conferenze specifiche, si ricordano i vari cicli 'Deterioration and preservation of Stones' e 'Hydrophobe.org'. Alcuni contributi generali per gli effetti dei protettivi possono essere trovati in (Boutin, 2001) (Baer & Snethlage, 1997) (Snethlage & Wendler, 1990) (Improta, 2012) (Improta, 2013). Sui polimeri del fluoro di nuova concezione si veda (Borgia, Camaiti, Cerri, Fantazzini, & Piacenti, 2003) (Improta, 2013).

3.4 Durabilità ed efficacia dei protettivi per la pietra nella ricerca

Le valutazioni della durabilità dei protettivi idrorepellenti in questione non riportano a dati omogenei. In particolare questo è dovuto al fatto che prevalgono le sperimentazioni in laboratorio in condizioni controllate mentre sono meno frequenti le verifiche in situ, e per queste non è ancora stata data una lettura omogenea. Per esempio non sono ancora indagati chiaramente i decadimenti per l'irraggiamento di certi polimeri silossanici (Gasparoli & Talamo, 2006) e (Borgioli, 2002). Studi prolungati nel tempo sono presentati da (Calia, Lettieri, Quarta, Laurenzi Tabasso, & Mecchi, 2004) e (Melica et al., 2011), (Lettieri & Masieri, 2016).

Gli studi più strutturati possono riferirsi a Pinto e Delgado Rodrigues (Ferreira Pinto & Delgado Rodrigues, 2000) che hanno testato il prodotto Tegosivin HL 100 su quattro calcari portoghesi: pietra di Ançã, pietra di Coimbra, pietra di Miocene e pietra di Lioz, e (Simionescu & Olaru, 2009) che hanno testato lo stesso Tegosivin HL 100 sulla pietra Laspra, un calcare micritico bianco dolomitico, estratto nella regione spagnola delle Asturie, con un'alta porosità (30% di porosità aperta) e sulla pietra di Repedea originaria della Romania, un calcare oolitico bioclastico. Si veda anche (Amoroso, 2002) e (Simionescu et al., 2013).

Lo studio dello stato dell'arte sulla materia ha confermato alcune ipotesi alla base di questo studio: l'importanza della protezione delle superfici dell'architettura monumentale esposte in aperto dall'acqua, nelle sue varie forme, ai fini di un contenimento dei processi di degrado; la sostanziale carenza del monitoraggio in situ dell'efficacia e della durabilità dei trattamenti conservativi applicati; l'assenza di dati

utili per una concreta programmazione di azioni di Conservazione Programmata dei Beni Monumentali.

La mancanza di ricerche sullo specifico aspetto della valutazione della durabilità degli interventi di restauro, e sulla possibilità di misurare l'efficacia residua dei trattamenti conservativi (in particolare su lapidei, laterizio, intonaci decorati) dopo un determinato tempo dalla loro applicazione, ha motivato il lavoro di questa ricerca.

Dal duplice filone di indagine cui si accennava nell'abstract ci si aspetta di ottenere risultati utili per una valutazione quantitativa dell'efficacia residua dei trattamenti conservativi e quindi per una programmazione del ciclo periodico per mettere in atto la/le minime azioni conservative, atte a scongiurare il riattivarsi o l'insorgere di nuovi fenomeni e meccanismi di degrado.

4. Il Complesso Cattedrale di San Zeno e Battistero di San Giovanni in Corte a Pistoia

4.1 Breve storia delle due fabbriche

La Cattedrale e il Campanile

Il Battistero di San Giovanni in Corte e la Cattedrale di San Zeno sono alcuni tra gli elementi che compongono una delle piazze urbane di impianto medievale che secondo F. Gurrieri è una delle più integre e meglio conservatesi anche nella definizione spaziale, permanendo essi infatti insieme agli altri principali edifici storici del potere religioso e civile: il Palazzo dei Vescovi, il Palazzo degli Anziani, il Palazzo del Podestà e, più in là, la torre di Catilina

La Cattedrale di San Zeno, nell'aspetto attuale, è il frutto di molteplici trasformazioni che a partire dall'alto Medioevo sono proseguite fino a tempi recenti. Le fasi di trasformazione sono molto articolate e non sempre univocamente interpretate, ma già alla metà del XIII secolo la cattedrale, ad eccezione della parte presbiterale, doveva avere una configurazione non troppo dissimile all'attuale (Gurrieri, 1995, pp. 60–61). La storia della Cattedrale, del Campanile e del Battistero, sono accuratamente ricostruite nel volume curato da Gurrieri “La Piazza del Duomo a Pistoia, dove sono tracciate

attraverso le fonti documentarie le vicende delle tre fabbriche³⁶. Il primo documento che cita la "ecclesia SS. Zenonis, Rufini et Felicis", una "cartula donationes", risale al 923. Nel 1108, a seguito di un incendio, la chiesa viene ricostruita con l'attuale impianto a tre navate. Successivamente, nel 1150, l'edificio viene ampliato, con un prolungamento verso ovest a edificare così l'attuale facciata³⁷. Nel 1252 è documentato un protiro addossato alla parte destra della facciata che costituisce il primo nucleo dell'attuale portico. Infatti la parte destra del portico è la prima ad essere realizzata e nel 1308 risulta già compiuta con tre archi e con le crociere decorate ad affreschi. Al 1442 e 1449, in epoca rinascimentale, risale il completamento, con la realizzazione della parte sinistra. Nel 1505 Andrea della Robbia realizza lacunari in terracotta invetriati sulla volta a botte che collega le due parti del portico. Contestualmente colloca sul portale principale il mezzo tondo della Madonna con Bambino e angeli incorniciata dalla volte a botte.

Solo tra il 1585 e il 1598 il portico addossato alla facciata assume le forme attuali con la realizzazione dei volumi soprastanti le volte³⁸; tali ambienti dovevano servire per ospitare i mantici di un nuovo organo monumentale collocato in contro-facciata (Fedi & Suppressa, 2001).

Tra il 1599 e il 1601 viene realizzata la tribuna presbiteriale allungando il retro della chiesa. Il presbiterio viene rialzato attraverso la scalinata marmorea. Nel 1837 l'apparato decorativo della cattedrale viene trasformato in chiave neoclassica, si modificano le proporzioni dell'ordine architettonico, si sostituiscono basi, capitelli e trabeazioni e si rimodellano le lunette laterali. Tra il 1951 e il 1961, a seguito degli ingenti danni di guerra, viene operato un complessivo intervento di restauro teso anche a ripristinare le forme originarie. Tale intervento comprendeva: rifacimento della copertura, smantellamento degli stucchi e delle volte a crociera della navata centrale e della cantoria in controfacciata; consolidamento delle murature con il risarcimento delle aperture seicentesche e il ripristino delle monofore romaniche, smantellamento dei coretti sovrapposti alle navate laterali; rifacimento delle pavimentazioni.

36 Le notizie di seguito riportate in questo paragrafo per Cattedrale, Torre Campanaria e Battistero, sono appunto riprese dai contributi di Gianluca Belli (Cattedrale e Campanile) e Valerio Tesi (Battistero) nel testo di Gurrieri (Gurrieri, 1995) e da (Gurrieri, 1975), salvo ove esplicitamente siano indicate altre fonti.

37 Sul fianco della cattedrale è stata eseguita la prova su arenaria AA03, presumibilmente proprio su questo prolungamento.

38 In questi ambienti sono state effettuate le prove AA04, AM06 e AS04 riportate nel Capitolo 5, mentre in esterno, fronte nord di questo volume, sulla riquadratura bicroma, sono state eseguite le prove AM05 e AS03.

Anche la cronistoria del campanile della cattedrale è piuttosto articolata; secondo la tradizione la prima edificazione risalirebbe alla fine dell'XI secolo su una preesistenza longobarda, ma secondo Gianluca Belli, questa ricostruzione non troverebbe conferma dalle fonti né dai ritrovamenti, mentre sembrerebbe più plausibile una costruzione contemporanea o posteriore all'ampliamento della cattedrale, tra il X e il XII-XIII secolo, in (Gurrieri, 1995, p. 85). Secondo quanto ricostruito da Gurrieri (Gurrieri, 1968), le fasi costruttive del campanile sembrerebbero quattro dal XII secolo a circa al 1576. La fascia con i tre ordini di loggette con la bicromia tipica dell'architettura romanica pisana e lucchese apparterebbe alla seconda fase (i tre registri potrebbero addirittura essere stati eseguiti in due momenti distinti, prima il registro più basso con colonne in pietra, poi i registri superiori con colonne in marmo e travertino³⁹). A una fase ancora successiva deve appartenere la cella merlata in laterizio sovrapposta ai tre ordini di loggette e all'ultima fase la cuside con il pergamo che accoglie le campane, presumibilmente intorno al 1576 (Gurrieri, 1968).

Restauro al campanile si susseguono per le condizioni delle colonne del pergamo già dal Seicento in poi e importanti lavori per problemi statici delle colonne delle loggette si eseguono verso la fine dell'Ottocento, su progetto dell'Ing. Francesco Bartolini. A quel momento si devono gran parte delle sostituzioni delle colonne, mentre la riproposizione dell'intonaco e delle ridipinture delle fasce sulla cella venne sconsigliata dalla Commissione Conservatrice dei Monumenti. Intorno all'intonacatura della cella si alternano le posizioni nel tempo, con la sua completa rimozione con l'intervento curato da Albino Secchi tra il 1966 e il 1968 e il suo rifacimento nel 1997 con il restauro condotto dall'architetto Paola Grifoni.

Il Battistero

Anche se costruito su preesistenze più antiche, il Battistero nelle sue forme attuali fu edificato tra il 1300 e il 1361 ed è ritenuto il più organico esempio di architettura gotica a Pistoia. I cambiamenti avvenuti nei secoli successivi (XVII-XVIII) hanno interessato prevalentemente l'interno, mentre minime sono state le modifiche che hanno inciso sull'aspetto esterno, come ad esempio la chiusura della monofora della scarsella nel 1620, e non ci sono state sostanziali trasformazioni al rivestimento marmoreo del paramento murario, oggetto della presente ricerca. Certamente, come in parte è documentato, ci sono stati molteplici interventi di manutenzione che hanno comportato

³⁹ In questi due ordini si sono concentrate le prove ai punti AM01, AM02, AS01, AA01 (ultimo registro), e ai punti AM03, AM04, AS02, AA02 (secondo registro).

la sostituzione/rimozione degli elementi lapidei più degradati ma mantenendo sempre l'integrità formale del monumento.

Il Battistero, come consuetudine, si trova di fronte alla cattedrale. È edificato su un piano più alto della piazza, una sorta di podio con scalinata in pietra arenaria che eleva l'edificio. La pianta è ottagonale con scarsella quadrangolare. La muratura, come si vede dai prospetti interni, privati degli intonaci nel corso dei restauri degli anni 1965-1975, è prevalentemente in muratura di laterizio. La fascia basamentale, sia internamente che esternamente, è in pietra arenaria. La copertura è costituita da una cupola ottagonale sempre in mattoni riportati a vista e il manto di copertura in lastre di piombo. La scarsella è voltata a crociera e si apre sullo spazio centrale con un arco ogivale in laterizio e stipiti in bozze di arenaria. L'intero rivestimento esterno, ad eccezione della già citata fascia basamentale in pietra arenaria, è costituito da una serie di fasce orizzontali di lastre in marmi bianchi alternate a fasce in serpentini verdi. Sempre di marmi bianchi e verdi sono costituiti le arcatelle cieche cuspidate del coronamento. I cantoni agli angoli dell'ottagono sono coronati da guglie a forma di piccole edicole tamponate, ornati da doccioni e con statue marmoree in sommità. Le guglie sono collegate tra loro dalla balaustra con colonnini tortili a protezione del camminamento alla base del tamburo.

Secondo la ricostruzione curata da Valerio Tesi (in Gurrieri, 1995), già nel 1320 sono accertati i lavori al paramento marmoreo, documentati in alcuni contratti per l'approvvigionamento di lastre e colonnini in marmo bianco della Montagnola senese⁴⁰; dal 1330 al 1339 è accertato che Cellino di Nese abbia lavorato al battistero con la qualifica di *magister lapidum*. A lui era stato affidato l'incarico per il rivestimento marmoreo; gli viene attribuito la realizzazione del coronamento con le archeggiature cieche, la balaustra sommitale e le guglie. Dal 1353 al 1356 sono operanti in cantiere come Capomaestri i fratelli Piero, Paolo e Nanni di Michele; in questi anni sono registrati approvvigionamenti di elementi marmorei dalle cave di Carrara oltre che di mattoni. È stato ipotizzato che tale materiale sia stato utilizzato per completare il registro superiore del tamburo e realizzare la scarsella (Bottari Scarfanti, 1998).

Tra il 1357 e 1359 viene realizzata la lanterna sulla cui sommità nel 1361 viene collocata la palla di bronzo sormontata dalla croce. Con questa ultima opera realizzata nella bottega fiorentina dell'orafo Guido di Federico il battistero può dirsi concluso. Tra il

40 Questi marmi dovevano 'incrostare' la parte basamentale del battistero nelle prime fasi costruttive; i successivi lavori come riportato oltre nel testo avevano provenienza apuana. Sulla parte basamentale del paramento bicromo e su alcune guglie si sono concentrate le prove effettuate, con questa ricerca, sul battistero.

4. Il Complesso Cattedrale di San Zeno e Battistero di San Giovanni in Corte a Pistoia

1362 e 1364 viene realizzato il pulpito a fianco del portale maggiore. L'interno era verosimilmente fin dall'origine intonacato e forse decorato. Nel 1445 opera nel battistero il pittore Bartolomeo d'Andrea Bochi (Gai, 1978). Gli interventi compiuti nel Seicento e Settecento riguardarono prevalentemente il riassetto dell'interno compresa la modifica del fonte battesimale operata dallo scultore Andrea Vaccà nel 1722, recuperato poi nelle sue forme originarie nel restauro del 1975.

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Lo studio presentato è incentrato nel dettaglio sulla possibilità di 'misurare' e 'quantificare' in situ lo stato di efficienza residua dei trattamenti protettivi della pietra dopo un determinato lasso di tempo dalla loro applicazione (quindi la loro 'durabilità') e, conseguentemente, sulla possibilità di 'individuare' il ciclo periodico per mettere in atto la/le minime azioni conservative, atte a scongiurare il riattivarsi o l'insorgere di nuovi fenomeni e meccanismi di degrado.

Il banco di prova è il complesso Cattedrale di San Zeno e Battistero di San Giovanni in Corte in Pistoia. La ricerca ha visto coinvolte l'Università degli Studi di Firenze, DiDA Dipartimento di Architettura e LAM Dipartimento di Scienze della Terra; la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio Province Firenze Prato e Pistoia e la Chiesa Cattedrale di Pistoia.

Questa ricerca si confronta con quegli aspetti di problematicità, cui si accennava nella rassegna dello stato dell'arte del Capitolo 2, che attengono ai vari piani di operatività sul bene monumentale a scala architettonica, e che investono aspetti economici, di programmazione, ecc..

In primo luogo si confronta con la difficoltà della ricostruzione della storia recente dei restauri (gli ultimi venti anni), che costituiscono dal punto di vista documentale un insieme di episodi distinti che non compongono un quadro informativo facilmente leggibile della fabbrica, delle progressive manifestazioni di degrado e della scelta e attuazione dell'intervento conservativo.

In secondo luogo riscontra la consistenza di quello scollamento, di cui si è parlato, tra la ricerca a livello molecolare e l'esecuzione di interventi 'ordinari' a scala architettonica

con vincoli di natura economica (le risorse stanziare), temporali (programmazione e bilanci, esigenza d'uso degli edifici o degli spazi circostanti), applicativi (cambiamento delle previsioni del progetto per situazioni verificate a vista ravvicinata con l'avvio dei lavori o per diverse manualità e 'attitudini' conservative delle imprese).

Questa ricerca porta quindi, necessariamente, con sé alcune approssimazioni connaturate con l'essere una indagine ex post: per esempio non sono noti i quantitativi di prodotto assorbito nei vari punti in cui sono state effettuate le prove, né le modalità con cui sono effettivamente stati applicati i prodotti, ma si cala nella realtà e nella contingenza leggendo l'effettiva resa dei trattamenti sulle pietre prese in esame e non quella teorica ottenuta in prove in laboratorio in condizioni controllate.

La parte sperimentale della ricerca è articolata in 3 Step:

- 1 - Reperimento dati trattamenti nei vari anni, Paragrafo 5.2
- 2 - Valutazione stato conservazione e indagini diagnostiche, Paragrafo 5.3
- 3 - Interpretazione dei dati e valutazione della possibilità di determinare l'efficacia residua dei trattamenti, Paragrafi 5.4 e 5.5

5.1 Motivazioni della scelta del caso studio nel caso studio

Un tema così ampio come quello proposto dal titolo di questa tesi ha trovato un piano di sviluppo nell'individuazione di un caso studio nel caso studio. Come si è visto all'inizio di questa tesi⁴¹ le problematiche della Conservazione Programmata sono numerose ed eterogenee. Questa ricerca ha voluto indagare, nella più concreta operatività, quali strumenti e quali dati ci siano a disposizione per programmare la ciclicità degli interventi. Si è dovuto circoscrivere



Fig.1. 12: Il cantiere di restauro, 2016, del 'Dietrofront' opera di Michelangelo Pistoletto, Piazzale di Porta Romana, Firenze,

41 Si rimanda all'Introduzione, Capitolo 1 e allo Stato dell'Arte, Capitolo 2.

quindi la ricerca a un 'classico'⁴² intervento 'ciclico' (almeno in via teorica, meno in linea pratica proprio per l'assenza di una visione in termini di conservazione programmata), la protezione delle superfici lapidee con protettivi idrorepellenti e verificarne gli effetti su un caso concreto, sulla pelle di monumenti architettonici veri, esposti in aperto, da potere osservare, toccare, indagare. Un caso studio nel caso studio.

5.1.1 Il caso dei protettivi idrorepellenti per la pietra

Proprio alla luce di quanto visto sopra e di quanto è già stato illustrato nei Capitoli 2 e 3 dello stato dell'arte, il caso dei protettivi idrorepellenti è apparso emblematico di uno scollamento tra teoria e pratica: è 'noto' che l'intervento debba essere ripetuto, ma all'atto pratico non è normalmente noto quanto incida davvero l'efficacia idrorepellente, né quanto questa efficacia possa durare nel tempo⁴³; la programmazione di una ripetizione dell'intervento non trova un terreno certo su cui fondarsi. Come si è visto oltretutto, molta della ricerca è concentrata su alcuni aspetti specifici: sperimentazione di nuovi prodotti; verifica delle performance di diversi tipi di prodotto in laboratorio o in condizioni controllate, verifica delle prestazioni dopo invecchiamenti artificiali, e come si è visto è arduo comporre un quadro d'insieme dei risultati. Tutta questa ricchezza di studi indica però sicuramente la necessità di valutare gli effetti sulla specifica matrice lapidea, sulla particolare condizione ambientale, addirittura su quella locale delle diverse parti del monumento, come per esempio per valutare il decadimento dei polimeri silossanici di sintesi in condizioni di forte irraggiamento (Borgioli, 2002). La ricerca si addentra in questo campo, in particolare nella valutazione degli effetti di alcuni prodotti idrorepellenti di uso comune: i polimeri silossanici e i polimeri del fluoro.

42 Il termine, apparentemente provocatorio, è utile a inquadrare la prassi che si è consolidata negli ultimi decenni sui cantieri di restauro di proteggere le superfici lapidee con trattamenti idrorepellenti per proteggerle dall'aggressione degli agenti atmosferici, e dalle sostanze inquinanti veicolate dall'acqua. A questo riguardo, sull'efficacia dei protettivi, si ricordano i seguenti contributi: (Tiano et al., 1988) (Manganelli Del Fà, 2002) (Ferreira Pinto, Delgado Rodrigues, Bracci, & Sacchi, 2008) (Simionescu & Olaru, 2009) e altri.

43 Molti dei prodotti in commercio, sono riformulazioni di prodotti base che hanno avuto sperimentazioni iniziali legati alla compatibilità con vari matrici lapidee e alla reversibilità; prodotti commercializzati spesso ereditano questa base conoscitiva e non vengono nuovamente testati non portando quindi sulle schede tecniche valori di efficacia (anche perché strettamente dipendente appunto dalle matrici lapidee), né tanto meno di durabilità. Fanno eccezione, per i dati di efficacia, le documentazioni dei prodotti della Wacker Chemie AG, una delle case madri di idrorepellenti di tipo silossanico (Chemie, n.d.). Alcune schede tecniche di idrorepellenti commercializzati in Italia sono riportati nell'Appendice A alla tesi.



Fig.1. 13: Particolare del portale sud del Battistero di San Giovanni in Corte, Pistoia

5.1.2 Il complesso Cattedrale-Battistero di Pistoia

Per l'obiettivo che questa ricerca si è prefissata, è stato necessario individuare uno o più monumenti che avessero subito interventi conservativi in anni recenti e che avessero visto l'impiego dei tipi di prodotti visti sopra su diverse matrici lapidee. Tra i vari casi che si sono prospettati, l'attenzione è stata indirizzata verso due edifici posti nel centro della città di Pistoia: la Cattedrale di San Zeno e il Battistero di San Giovanni in Corte. I due casi, in stretta prossimità, sono stati individuati come un campo d'indagine particolarmente interessante per diversi motivi:

- i medesimi litotipi utilizzati per i paramenti murari delle diverse fabbriche (marmo bianco, verde di Prato, pietre arenarie);
- le medesime condizioni ambientali per le diverse fabbriche;
- le differenti condizioni di conservazione;
- il discreto numero di restauri documentati ed eseguiti in tempi differenti sui due monumenti, (almeno quattro epoche recenti di restauri, eseguiti dal 2000 a oggi sui diversi fronti).



Fig.1. 14: La Cattedrale di San Zeno a Pistoia e la torre campanaria

Infine, ma non ultima in ordine di importanza, la possibilità di avere accesso ai due monumenti; fattore questo reso possibile dall'interesse mostrato a questa ricerca e dalla fattiva collaborazione, della Chiesa Cattedrale di Pistoia e della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Firenze e per le province di Pistoia e Prato.

I restauri hanno visto l'impiego di idrorepellenti a base di polisilossani per i marmi bianchi, polisilossani e silicato di etile per arenarie e, elastomeri fluorurati per il serpentino. Ci si è proposti di effettuare indagini diagnostiche non invasive e/o micro-distruttive per valutare la durabilità nel tempo dei trattamenti residui: in particolare assorbimento capillare di acqua tramite metodo della spugna di contatto UNI 11432:2011;

spettrofotometria FT-IR; campionamento delle patine su: 1) Marmi bianchi, 2) Serpentinini 3) Arenarie.

Questa tesi pubblica tutti i dati relativi alle prove e ai campionamenti. In particolare i dati di assorbimento tramite metodo della spugna di contatto sono corredati dei valori di temperatura e umidità ambientale e di contatto presenti al momento della misurazione, in modo che le prove siano ripetibili in futuro, e i dati di epoche diverse possano risultare confrontabili.

È inoltre in corso nel momento in cui si scrive, (2018) un nuovo intervento di restauro sul fronte Ovest del Battistero, precedentemente trattato nel 2000; le indagini forniranno, per i trattamenti presi in esame, i dati di assorbimento della pietra e dei marmi privi di trattamento (immediatamente dopo la pulitura) e il tempo zero, corrispondente invece alla massima efficacia dei trattamenti appena applicati. L'intervento sarà l'occasione per lasciare tre lastre, un marmo bianco,



Fig.1. 15: Il Battistero di San Giovanni in Corte a Pistoia

un serpentino, un'arenaria, di monitoraggio: ciascuna lastra, collocata nella parte basamentale del prospetto e raggiungibile senza bisogno di ponteggi, sarà trattata solo per metà. In tal modo potrà essere agevolmente monitorata l'efficacia dei trattamenti col solo raffronto delle due parti tramite il metodo della spugna di contatto. L'argomento sarà ripreso in conclusione.

La campagna di prove è stata condotta con il coinvolgimento delle competenze della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Firenze e per le province di Pistoia e Prato (Arch. Valerio Tesi) e con il supporto del LAM Laboratorio Materiali lapidei e Geologia applicata, dell'ambiente e del paesaggio, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze (Prof. C. A. Garzonio).

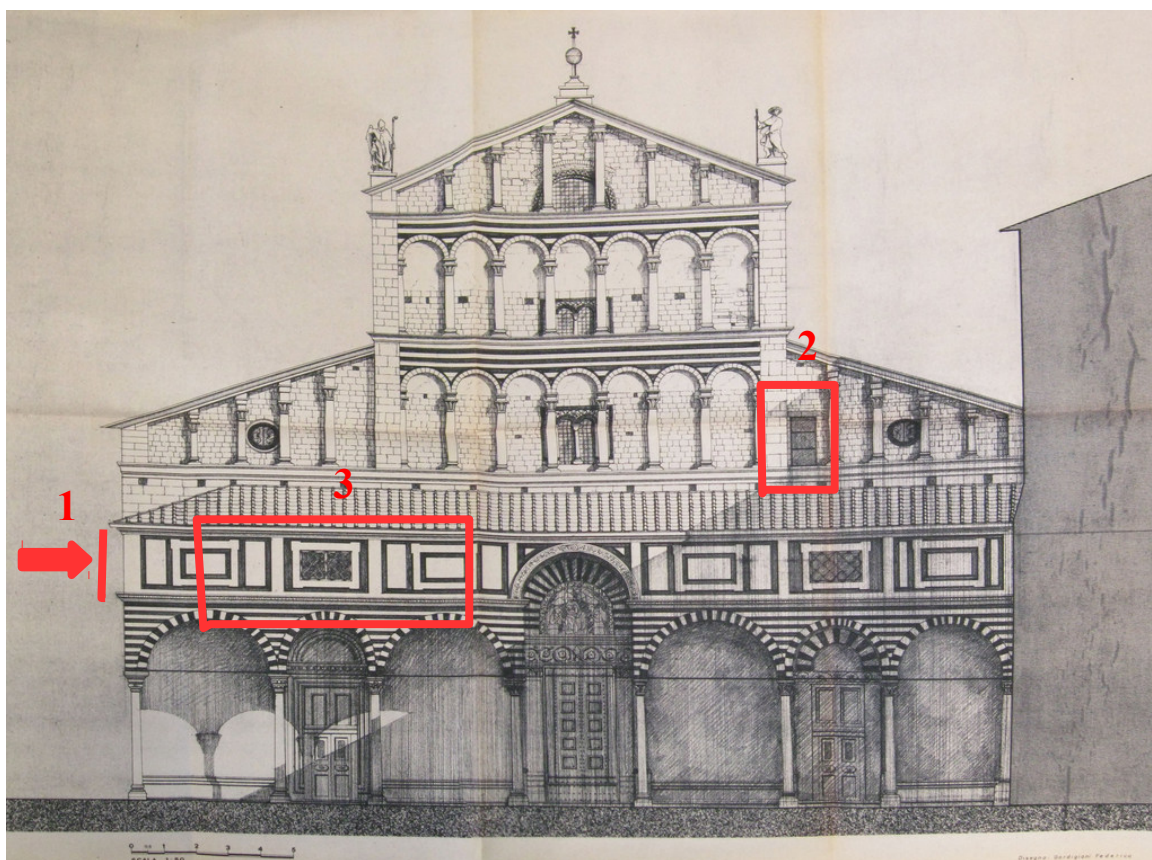
5.2 Organizzazione della campagna di prove

La scelta dei punti su cui effettuare le prove per la verifica dell'efficacia dei trattamenti protettivi è stata fatta con una valutazione combinata tra le informazioni a disposizione sugli interventi di restauro agli apparati lapidei e le possibilità di accedere alle zone di interesse.

La Cattedrale di San Zeno è stata interessata da un importante restauro negli anni 1999-2000. La torre campanaria è stata restaurata tra gli anni 1997-2000. Successivi restauri hanno interessato le coperture della cattedrale, 2002, e in questo caso l'intervento è stato poi esteso con variante alla facciata laterale, e di nuovo la facciata principale della cattedrale nel 2011, per risolvere alcuni problemi di infiltrazione di acqua. Di questi restauri, per l'attinenza alla ricerca e l'accessibilità, si sono presi in considerazione gli interventi 1999-2000 e 2000 per la cattedrale e 1997-2000 per la torre campanaria. Questi restauri hanno visto l'impiego di silossani per arenarie e marmo bianco e elastomeri fluorurati per il serpentino. Il restauro 2011 della sola facciata principale ha previsto l'impiego di solo silicato di etile sulle varie superfici.⁴⁴

⁴⁴ L'intervento non è stato incluso nella ricerca per problemi legati all'accessibilità. La zona è comunque di sicuro interesse ed è auspicabile che possa essere ripreso in futuro in una campagna di prove come quella che è stata organizzata per questa ricerca. Sicuramente potrebbero essere comparati i dati di zone trattate con solo silicato di etile nei diversi periodi 2000, 2011, e potrebbe essere condotta un'indagine di sicuro interesse sulla durabilità di altri tipi di interventi, in questo caso gli interventi di microcementazione eseguiti negli anni 1968-69 come documentato da F. Gurrieri (Gurrieri, 1979) e (Daddi, 1979).

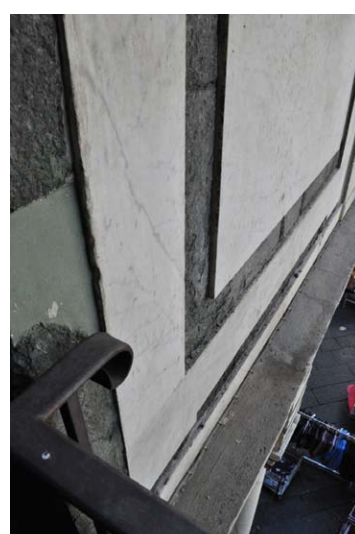
Con freccia in rosso (1) indicata la zona del fianco nord accessibile tramite scala esterna, dalla quale è possibile effettuare le prove su marmo bianco e serpentino (come documentato dalla successiva documentazione fotografica). Con rettangolo rosso (2) è indicata la finestra che consente di accedere alle archeggiature cieche e dalla quale sarebbe possibile effettuare le prove su pietra serena (segue documentazione fotografica). Come si è detto poco sopra, per problemi di accessibilità la zona non è stata inclusa nella sperimentazione.⁴⁵ Con rettangolo rosso (3) è indicata la zona degli ambienti interni /facciata originaria.



Segue una rassegna fotografica delle zone sopra elencate.

⁴⁵ Dalla finestra in facciata è possibile accedere mediante cordino a un percorso in sicurezza costituito da ganci in facciata. Anche per raggiungere questo accesso alla facciata principale si deve seguire un percorso di accesso alla copertura che attraversa vari ambienti interni del complesso ecclesiastico, una terrazza, una copertura e un sottotetto. Si è ritenuto quindi il punto non avesse le caratteristiche adatte per essere inserito in un protocollo di monitoraggio.

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale



Punto 1 – Parti accessibili da scala esterna: marmo bianco, serpentino, arenaria



Finestra accesso punto 2 e elementi indagabili



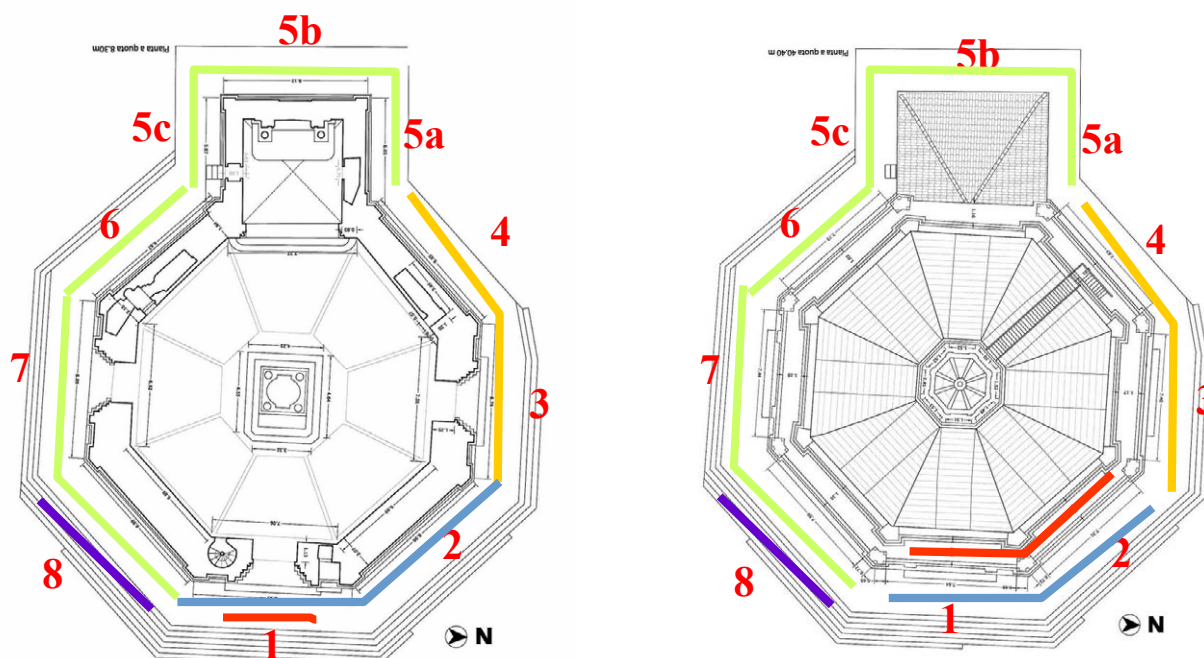
⁵⁸ Punto 3 – Ambienti interni del sovrapportico: marmo bianco, serpentino, arenaria. Facciata originaria, elementi presumibilmente non trattati

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale



Accessibilità Torre campanaria: marmo bianco, serpentino, arenaria

Il battistero di Pistoia è stato interessato da diversi restauri che hanno seguito il restauro complessivo realizzato tra il 1999 e il 2000. Sotto sono evidenziati gli anni in cui sono stati realizzati i restauri sui vari fronti.



1999-2000 Restauro integrale su tutti i fronti. Fronti non trattati successivamente sui quali permangono i trattamenti effettuati con questo intervento: fronti 5a-5b-5c-6-7-8

2014 Restauro fronti 1-2 —————

2014 Restauro balaustra in marmo ballatoio coronamento fronti 1-2 e gruppo scultoreo fronte 1 —————

2017 Restauro fronti 3-4 —————

2018 Restauro fronte 8 ⁴⁶ —————

Tutti i restauri hanno visto l'impiego di silossani per il marmo bianco e perfluorurati per il serpentino. Il complesso offre quindi un buon ventaglio di stadi di 'invecchiamento' dei protettivi idrorepellenti.

46 A riguardo di quanto si è detto più volte a proposito delle problematiche della programmazione, è interessante anche la breve narrazione della vicenda legata a quest'ultimo restauro: l'intervento di restauro era programmato per il Maggio 2018, ma ha effettivamente preso il via solo a Ottobre 2018; l'intervento era inizialmente programmato sul Lato 6, fronte Sud-Ovest (prospettante su Vicolo dei Botteghini), effettivamente gravato da una condizione di degrado derivata anche da un problema di acque meteoriche, ma è stato poi 'spostato' sul Lato 8, fronte Sud-Est, perché maggiormente rappresentativo (all'immediata sinistra del prospetto principale e visibile dalla Piazza del Duomo e da Via Roma).

Tutte le prove possono essere eseguite senza bisogno di ponteggi, da terra o dal camminamento del ballatoio coronamento.



Fig.1. 16: Esterno del Battistero, Fronte Sud-Ovest



Fig.1. 17: Esterno del Battistero, Fronte Est

5.3 I restauri degli ultimi venti anni e i trattamenti conservativi per la Cattedrale e il Battistero

La ricerca è stata condotta attraverso la rilettura dei progetti dei restauri delle tre fabbriche eseguiti negli ultimi venti anni, a partire gli interventi eseguiti in vista del

Giubileo del 2000⁴⁷ che interessarono in successione i monumenti, Campanile della Cattedrale, Cattedrale e Battistero. I progetti dei restauri sono conservati nell'Archivio della Soprintendenza, nelle specifiche collocazioni destinate ai due monumenti (A1/20 Cattedrale di San Zeno e Campanile e A1/30 Battistero di San Giovanni in Corte). I consuntivi scientifici non sono presenti, salvo negli ultimi più recenti restauri del Battistero. La storia dei restauri presi in esame può essere così riassunta:

Cattedrale:

- 1997-1999 Restauro della Torre Campanaria della Cattedrale, direttamente seguito dalla Soprintendenza di Firenze, Arch. Paola Grifoni. Per il grave stato di degrado dei laterizi della cortina muraria in laterizio il restauro fu l'occasione per riproporre l'intonacatura della cella campanaria;

- 1998-2000 Restauro della Facciata e del Portico, Arch. Roberto Fedi e Arch. Alessandro Suppressa;

- 2000-2002 Restauro delle coperture della Cattedrale, nulla osta n° 07377 del 02/05/2000, che introdusse con variante del 2002 il Restauro Conservativo del materiale lapideo delle facciate laterali della cattedrale; Arch. Giovanni Pancani;

- 2011-2012, n ulteriore restauro, il Restauro della Facciata Principale, nulla Osta n° 026521 del 12/12/2011, Arch Simone Martini, ha interessato la parte superiore della facciata, per problemi di infiltrazioni meteoriche dalla copertura agli elementi in facciata, fasce marcapiano e cornici sommitali del timpano. Le porzioni oggetto di questo restauro non sono comunque oggetto di indagine di questa ricerca.

Battistero:

- 1998-2000 Arch. Francesco Gurrieri e Arch. Alessandro Suppressa, Restauro del Battistero;

- 2014 Arch. Valerio Tesi, Soprintendenza, Restauro dei fronti 1 e 2

- 2017 Arch. Valerio Tesi, Soprintendenza, Restauro dei fronti 3 e 4

- 2018 Arch. Valerio Tesi, Soprintendenza, Restauro del fronte 6 (poi 8).

47 Il Giubileo del 2000, noto come Grande Giubileo, è stato il 29° giubileo della tradizione cattolica. Il Giubileo celebrava i duemila anni dalla nascita di Cristo e venne indetto da Giovanni Paolo II con la bolla *Incarnationis Mysterium*, del 29 novembre 1998.

5.3.1 Cattedrale di San Zeno in Pistoia. Dati relativi ai restauri

I dati sono stati desunti dal progetto esecutivo⁴⁸ dei lavori di Restauro della Facciata e del Portico, eseguiti in vista del Giubileo del 2000⁴⁹, e poi dal progetto esecutivo dell'intervento del 2002 Coperture e Facciata Laterale.

Intervento 1999-2000

Come nota a margine, è interessante notare come in questo intervento (sono gli anni in cui alcuni interventi eseguiti con polimeri del fluoro sono ampiamente discussi e i loro effetti sui monumenti sono manifesti), si passi dalla proposta di utilizzare come protettivo un perfluoropolietere (Fomblin MET) in maniera diffusa per tutti i tipi litologici (pietra serena, marmi bianchi e verde di prato), e aggiunta di finitura a cera d'api per il solo verde di prato nel progetto preliminare, alla proposta di utilizzare trattamenti differenziati come sotto riassunti nel progetto esecutivo approvato con nulla osta n° 09273 del 19/05/1198.

La campionatura dei materiali del paramento lapideo e degli elementi architettonici della facciata e del portico della Cattedrale di San Zeno contenuta nel progetto ha individuato i seguenti principali litotipi: Alberese e Arenaria Macigno per i paramenti murari; Pietra Serena: elementi architettonici decorativi; Marmo Bianco: elementi architettonici decorativi; Serpentino di Prato: elementi architettonici decorativi; Marmo Bianco e Serpentino di Prato: pavimento bicromo. Dagli elaborati di progetto sono poi stati ricavate le specifiche dei trattenimenti conservativi idrorepellenti distinti per litotipi. Sono trascurate le indicazioni relative a eventuali lavorazioni di rimozione meccanica di depositi, croste, stuccature, staffe, come pure quelle relative a nuove stuccature, staffe, reintegri.

Sono riportati qui sotto i dati relativi ai trattamenti conservativi previsti dal progetto, distinti per

48 Bene: Cattedrale di San Zeno Pistoia - Intervento: Restauro Facciata e Portico - Titolo progetto: Chiesa Cattedrale di Pistoia. Restauro della facciata e del portico - Fasi Progetto Individuate: - 1997: Giubileo 2000 Lavori di restauro della facciata Prot. 8604 (Rif. Progetto di Massima Prot. 22503 del 09/12/1997) - 1998: Progetto Esecutivo Prot. - Anno: 1999 - Progetto: Arch. Roberto Fedi e Arch. Alessandro Suppressa - Posizione Archivio Soprintendenza A1/20 Prot. 14901 (con nota: "Da inserire agli atti. Nulla Osta già rilasciato") - Nulla Osta Soprintendenza: 09273 del 19/05/1198 - Presenza consuntivo scientifico: NO.

49 I restauri sono documentati anche negli accurati resoconti di R. Fedi, A. Suppressa e L. Gai (Fedi, Suppressa, & Gai, 2001) e R. Fedi e A. Suppressa (Fedi & Suppressa, 2001).

litotipi.

ALBERESE E ARENARIA – Paramento murario⁵⁰:

- Lavaggio con acqua deionizzata (prescrizioni di progetto: omogenea distribuzione di nebulizzatori e tubi adduttori. A partire dall'alto; con ottimizzatori il cui getto non sia indirizzato direttamente sulle superfici. Controlli ripetuti tramite carte idrosensibili). Valore conducibilità acqua deionizzata inferiore a 10 μ S/cm.
- Pulitura mediante applicazione di sepiolite con carbonato di ammonio e successivo lavaggio con acqua deionizzata.
- Trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4% (prescrizioni di progetto: applicazione a pennello; controllo tempo di posa). Spazzolatura e accurato lavaggio con acqua deionizzata in presenza di guano e microflora particolarmente attiva.
- **Protezione Alberese:** dimetilpolisilossani diluiti in white spirit, (prescrizioni di progetto: da applicarsi a pennello).
- **Protezione Arenaria:** Primo trattamento con White Spirit per eliminazione dell'umidità interna e per veicolare il prodotto consolidante. Protezione con elastomero fluorurato (tipo Akeogard CO), (prescrizioni di progetto: nelle modalità determinate sull'analisi dell'assorbimento parziale della pietra).

PIETRA SERENA – Elementi architettonici⁵¹:

- Preconsolidamento con silicato di etile (prescrizioni di progetto: applicazione diretta con carta giapponese, a tampone o pennello). Applicazioni non superiori a 200 gr/mq.
- Lavaggio con acqua deionizzata (prescrizioni di progetto: omogenea distribuzione di nebulizzatori e tubi adduttori. A partire dall'alto; con ottimizzatori il cui getto non sia indirizzato direttamente sulle superfici. Controlli ripetuti tramite carte idrosensibili). Valore conducibilità acqua deionizzata inferiore a 10 μ S/cm.
- Pulitura mediante applicazione di sepiolite con carbonato di ammonio e successivo lavaggio con acqua deionizzata.
- Trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4% (prescrizioni di progetto: applicazione a pennello; controllo tempo di posa). Spazzolatura e accurato lavaggio con acqua deionizzata in presenza di guano e microflora particolarmente attiva.
- **Protezione:** elastomero fluorurato (tipo Akeogard CO), (prescrizioni di progetto: nelle modalità determinate sull'analisi dell'assorbimento parziale della pietra).

MARMO BIANCO – Elementi architettonici⁵²:

- Preconsolidamento con silicato di etile (prescrizioni di progetto: applicazione diretta con carta giapponese, a tampone o pennello). Applicazioni non superiori a 200 gr/mq.
- Lavaggio con acqua deionizzata (prescrizioni di progetto: omogenea distribuzione di nebulizzatori e tubi adduttori. A partire dall'alto; con ottimizzatori il cui getto non sia indirizzato direttamente sulle superfici. Controlli ripetuti tramite carte idrosensibili). Valore conducibilità acqua deionizzata inferiore a 10 μ S/cm.
- Pulitura mediante applicazione di sepiolite con carbonato di ammonio e successivo lavaggio con acqua deionizzata.
- Trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4% (prescrizioni di

50 Dati tratti da: Scheda O, Progetto A1_20-1999FP

51 Dati tratti da: Scheda P, Progetto A1_20-1999FP

52 Dati tratti da: Scheda Q, Progetto A1_20-1999FP

progetto: applicazione a pennello; controllo tempo di posa). Spazzolatura e accurato lavaggio con acqua deionizzata in presenza di guano e microflora particolarmente attiva.

- Stuccatura/patinatura dei giunti con Akeogard CO al 4% più pigmenti.
- **Protezione:** Primo trattamento con White Spirit per eliminazione dell'umidità interna e per veicolare il prodotto consolidante. Protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit, (prescrizioni di progetto: da applicarsi a pennello). In alternativa per l'apparato lapideo decorativo è lasciata a discrezione della Direzione dei Lavori la possibilità di procedere alla protezione con cere microcristalline disciolte in solventi aromatici, resistenti alle alte temperature dell'irraggiamento solare (prescrizioni di progetto: rimozione finale della parte in eccesso con panno morbido).

SERPENTINITE – Elementi architettonici⁵³:

- Preconsolidamento con silicato di etile (prescrizioni di progetto: applicazione diretta con carta giapponese, a tampone o pennello). Applicazioni non superiori a 200 gr/mq.
- Lavaggio con acqua deionizzata (prescrizioni di progetto: omogenea distribuzione di nebulizzatori e tubi adduttori. A partire dall'alto; con ottimizzatori il cui getto non sia indirizzato direttamente sulle superfici. Controlli ripetuti tramite carte idrosensibili). Valore conducibilità acqua deionizzata inferiore a 10 µS/cm.
- Pulitura mediante applicazione di sepiolite con carbonato di ammonio e successivo lavaggio con acqua deionizzata.
- Trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4% (prescrizioni di progetto: applicazione a pennello; controllo tempo di posa). Spazzolatura e accurato lavaggio con acqua deionizzata in presenza di guano e microflora particolarmente attiva.
- Stuccatura/patinatura dei giunti con Akeogard CO al 4% più pigmenti.
- **Protezione:** Primo trattamento con White Spirit per eliminazione dell'umidità interna e per veicolare il prodotto consolidante. Protezione con gomme fluorurate diluite in acetone, (prescrizioni di progetto: da applicarsi per iniezioni e a pennello in due mani successive a distanza di almeno 20 ore l'una dall'altra).

Intervento 2002 ⁵⁴

Restauro Conservativo del Materiale Lapideo delle Facciate Laterali della Cattedrale, nulla osta n° 07735 del 13/02/2002, variante al progetto di Restauro delle Coperture della Cattedrale, nulla osta n° 07377 del 02/05/2002. Si riportano i soli dati relativi agli elementi in pietra arenaria (parti indagate da questa ricerca).

ARENARIA – Elementi architettonici

- Preconsolidamento con silicato di etile.
- Pulitura con carbonato di ammonio e acqua demineralizzata.
- **Protezione:** protettivo finale di tipo idoneo e specifico per ciascun materiale, (indicazione che fa presumere l'utilizzo di un silossano).

53 Dati tratti da: Scheda R, Progetto A1_20-1999FP

54 Dati tratti da: Progetto A1_20-2002FL

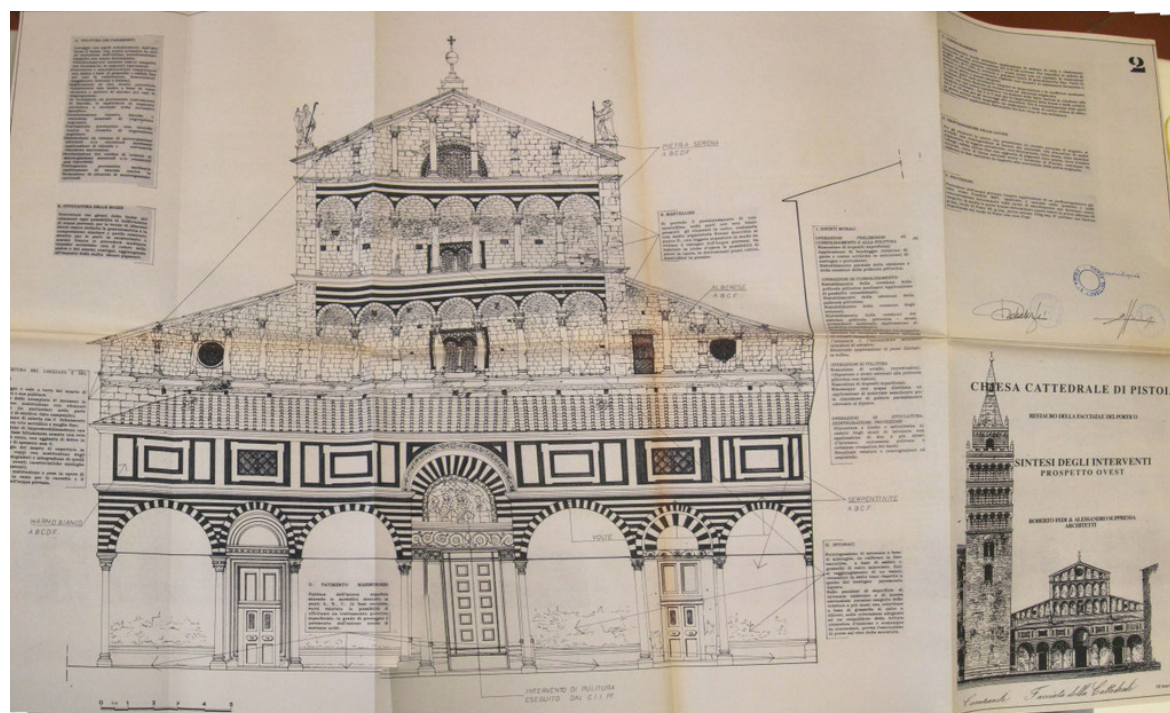


Fig.1. 18: Tavola del progetto preliminare dell'intervento di restauro 1999-2000. Coll. A1/20.

5.3.2 Torre Campanaria della Cattedrale di San Zeno in Pistoia. Dati relativi ai restauri

I seguenti dati sono ripresi interamente da (“Restauro del Campanile della Cattedrale di Pistoia - Firenze BAP,” n.d.):

“Dopo circa trenta anni dagli ultimi lavori il distacco e la caduta di scaglie di pietra, anche di notevoli dimensioni, ha reso necessario un intervento di restauro dell'intero campanile degradato dalla vetustà e dall'azione degli agenti atmosferici.

Visto il grave stato di conservazione dei mattoni, peraltro sostituiti nei restauri degli anni Sessanta, unitamente alla volontà di recuperare l'immagine originaria della struttura, si è deciso di riproporre l'intonacatura della cella campanaria. Il nuovo intonaco in malta di calce è stato colorato con terra ocre gialla, nero carbone e macinato di mattone, e steso senza l'ausilio di guide, al fine di imitare il colore e la grana dell'intonaco originale, di cui era rimasta un'unica traccia al di sotto dei beccatelli di coronamento del piano alto.

La copertura in cotto della guglia non è stata smontata poiché era in ottime condizioni e tenacemente allettata; si è provveduto, invece, ad un'attenta e scrupolosa sigillatura delle crettature ed al restauro e ripresa delle stuccature. Gli elementi angolari sono stati consolidati con imperniature di acciaio inox e resine epossidiche.

La pulitura dell'apparato lapideo, compresi capitelli e colonne, è avvenuta con impacchi chimici a base di carbonato d'ammonio, dispersi in polpa di legno e protetti con una pellicola plastica, lasciati in situ per il tempo necessario ad ammorbidire lo strato di sporco.

Si è proseguito con la rimozione dei muschi e delle formazioni vegetali mediante un biocida a base di sali di ammonio quaternario; i talli più resistenti sono stati rimossi meccanicamente con un apposito bisturi.

Le lacune sono state integrate con un impasto di malta di calce idrata, sabbia e pigmenti minerali. Il consolidamento di tutto l'apparato lapideo è stato eseguito con iniezioni di resine epossidiche; in presenza di distacchi e fessurazioni profonde sono state eseguite delle imperniature con barre in vetroresina.

I marmi bianchi sono stati protetti con un prodotto idrorepellente altamente traspirante a base di silossani, mentre il verde di Prato è stato trattato con un prodotto a base di gomme fluorurate, che attirano il particolato atmosferico provocando un'alterazione cromatica invisibile su materiale "colorato", ma evidente su una superficie bianca o molto chiara.

I lavori si sono conclusi con il restauro e l'intonacatura degli ambienti interni: la cosiddetta stanza dell'orologio e le stanze di accesso al primo e al secondo piano del campanile. All'esterno sono stati restaurati tutti gli stemmi in marmo, in arenaria e in terracotta invetriata. Infine, è stata realizzata una ringhiera di protezione al campanile e proseguita anche per la facciata della Cattedrale."

5.3.3 Battistero di San Giovanni in Corte in Pistoia. Dati relativi ai restauri

La storia degli ultimi restauri del paramento esterno del Battistero è decisamente più articolata. Si riportano in successione i dati relativi ai restauri in occasione del Giubileo, quelli relativi al restauro dei Lati 1 e 2 eseguito nel 2014, quelli relativi al restauro dei Lati 3 e 4 eseguito nel 2017 e quelli del restauro in corso (nel momento in cui si scrive) al Lato 8, anno 2018.

Intervento 1999-2000

Anche gli importanti lavori di restauro del Battistero di San Giovanni in Corte di Pistoia

vennero eseguiti in vista del Giubileo del 2000⁵⁵, tra il 1998 e il 1999. I dati sono stati desunti dal progetto esecutivo⁵⁶ dei lavori di Restauro Scientifico del Battistero⁵⁷.

La campionatura dei principali materiali del paramento lapideo e degli elementi architettonici delle facciate del Battistero ha individuato i seguenti principali litotipi:

Arenaria Macigno (presumibilmente Pietra Serena) per la parte basamentale;
Marmo Bianco;
Serpentino di Prato.

Dagli elaborati di progetto sono state ricavate le specifiche dei trattenimenti consolidanti e conservativi distinti per litotipi. Nella 'trascrizione' che segue sono trascurate le indicazioni relative a eventuali lavorazioni di rimozione meccanica di depositi, croste, stuccature, staffe, come pure quelle relative a nuove stuccature, staffe, reintegri. Sono riportati qui sotto i dati relativi ai trattenimenti conservativi distinti per litotipi.

PIETRA SERENA⁵⁸:

- Preconsolidamento con silicato di etile (prescrizioni di progetto: applicazione diretta con carta giapponese, a tampone o pennello). Applicazioni non superiori a 200 gr/mq.
- Lavaggio con acqua deionizzata (prescrizioni di progetto: omogenea distribuzione di nebulizzatori e tubi adduttori. A partire dall'alto; con ottimizzatori il cui getto non sia indirizzato direttamente sulle superfici. Controlli ripetuti tramite carte idrosensibili). Valore conducibilità acqua deionizzata inferiore a 10 μ S/cm.
- Pulitura mediante applicazione di sepiolite con carbonato di ammonio e successivo lavaggio con acqua deionizzata.
- Trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4% (prescrizioni di progetto: applicazione a pennello; controllo tempo di posa). Spazzolatura e accurato lavaggio con acqua deionizzata in presenza di guano e microflora particolarmente attiva.
- Stuccatura/sigillatura cretti, microfratture e giunti con calce Lafarge, sabbia silicea e polvere di pietre colorate.
- Consolidamento strutturale.
- **Protezione:** Primo trattamento con White Spirit per eliminazione dell'umidità interna e per veicolare il prodotto consolidante. Protezione con elastomero fluorurato (tipo Akeogard CO), (prescrizioni di progetto: nelle modalità determinate sull'analisi dell'assorbimento parziale della pietra).

55 Infra

56 Bene: Battistero di San Giovanni in Corte Pistoia, Intervento: Restauro Scientifico del Battistero, Titolo progetto: Restauro del Battistero di San Giovanni in Corte, Fasi Progetto Individuate: - 1999: Giubileo 2000, Progetto: Arch. Francesco Gurrieri, Studio Gurrieri De Vita Gurrieri Architetti, e Arch. Alessandro Suppressa. Posizione Archivio Soprintendenza A1/30 Prot. 22003. Nulla Osta Soprintendenza: 22951 del 28/12/1998. Presenza consuntivo scientifico: NO.

57 Il restauro è documentati anche in (De Vita, 2000) (De Vita & Suppressa, 2000a) (De Vita & Suppressa, 2000b)

58 Dati tratti da: Relazione Tecnica, Progetto A1_30-1999FP

MARMO BIANCO – Elementi architettonici⁵⁹:

- Preconsolidamento con silicato di etile (prescrizioni di progetto: applicazione diretta con carta giapponese, a tampone o pennello). Applicazioni non superiori a 200 gr/mq.
- Lavaggio con acqua deionizzata (prescrizioni di progetto: omogenea distribuzione di nebulizzatori e tubi adduttori. A partire dall'alto; con ottimizzatori il cui getto non sia indirizzato direttamente sulle superfici. Controlli ripetuti tramite carte idrosensibili). Valore conducibilità acqua deionizzata inferiore a 10 µS/cm.
- Pulitura mediante applicazione di sepiolite con carbonato di ammonio e successivo lavaggio con acqua deionizzata.
- Trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4% (prescrizioni di progetto: applicazione a pennello; controllo tempo di posa). Spazzolatura e accurato lavaggio con acqua deionizzata in presenza di guano e microflora particolarmente attiva.
- Stuccatura/patinatura dei giunti con Akeogard CO al 4% più pigmenti – (n.d.r. *salvo il fatto che successivamente la Soprintendenza ha sconsigliato l'uso dell'Akeograd. Vedi sotto*).
- Consolidamento strutturale.
- **Protezione:** Primo trattamento con White Spirit per eliminazione dell'umidità interna e per veicolare il prodotto consolidante. Protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit, (prescrizioni di progetto: da applicarsi a pennello). In alternativa per l'apparato lapideo decorativo è lasciata a discrezione della Direzione dei Lavori la possibilità di procedere alla protezione con cere microcristalline disciolte in solventi aromatici, resistenti alle alte temperature dell'irraggiamento solare (prescrizioni di progetto: rimozione finale della parte in eccesso con panno morbido).

SERPENTINITE – Elementi architettonici⁶⁰:

- Preconsolidamento con silicato di etile (prescrizioni di progetto: applicazione diretta con carta giapponese, a tampone o pennello). Applicazioni non superiori a 200 gr/mq.
- Lavaggio con acqua deionizzata (prescrizioni di progetto: omogenea distribuzione di nebulizzatori e tubi adduttori. A partire dall'alto; con ottimizzatori il cui getto non sia indirizzato direttamente sulle superfici. Controlli ripetuti tramite carte idrosensibili). Valore conducibilità acqua deionizzata inferiore a 10 µS/cm.
- Pulitura mediante applicazione di sepiolite con carbonato di ammonio e successivo lavaggio con acqua deionizzata.
- Trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4% (prescrizioni di progetto: applicazione a pennello; controllo tempo di posa). Spazzolatura e accurato lavaggio con acqua deionizzata in presenza di guano e microflora particolarmente attiva.
- Stuccatura/patinatura dei giunti con Akeogard CO al 4% più pigmenti.
- Consolidamento strutturale.
- **Protezione:** Primo trattamento con White Spirit per eliminazione dell'umidità interna e per veicolare il prodotto consolidante. Protezione con gomme fluorurate diluite in acetone, (prescrizioni di progetto: da applicarsi per iniezioni e a pennello in due mani successive a distanza di almeno 20 ore l'una dall'altra).

59 Dati tratti da: Relazione Tecnica, Progetto A1_30-1999FP

60 Dati tratti da: Relazione Tecnica, Progetto A1_30-1999FP

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Con nota del 28/12/1998 prot. 22951 la Soprintendenza⁶¹ approva il progetto ponendo alcune condizioni per i prodotti di consolidamento e protezione dei materiali lapidei:

- per la pietra serena sia usato come consolidante solo il silicato d'etile;
- per il marmo bianco sia usato come consolidante una resina acrilica siliconica, mentre per le stuccature sia evitato l'uso dell'Akeogard, con la motivazione che “attirando il particolato atmosferico potrebbe subire sgradevoli alterazioni cromatiche”, consigliando in alternativa “l'uso di calce Lafarge resina acrilica e rena vagliata”;
- per il verde di prato potrà essere usato l'Akeogard “in quanto non risultano evidenti possibili variazioni cromatiche.

Intervento 2014 ⁶²

Perizia di spesa n° 4124 del 10/10/2013 approvata con D.D.R. del 07/01/2014.

ELEMENTI LAPIDEI INDIPENDENTEMENTE DAL LITOTIPO:

- Preconsolidamento con silicato di etile
- Biocida a leggera azione tensioattiva
- Stuccatura/patinatura di lesioni, fessure o giunti con Akeogard CO al 7% in acetone e polveri di pietre colorate.
- **Protezione:** Elastomero fluorurato tipo Akeogard CO o silicato di etile in acetone al 2-3% nelle modalità e quantità determinate dalle analisi dell'assorbimento parziale della pietra.

In fase esecutiva, visto lo stato dei marmi della balaustra del coronamento, viene effettuato un trattamento per diffusione, di ossalato di ammonio veicolato con pasta cellulosa.

Intervento 2017 ⁶³

Perizia di spesa n° 4261 del ,05/02/2015 e perizia di variante n° 26 del 27/02/2017
Le indicazioni ricalcano sostanzialmente quelle dell'intervento precedente, salvo viene introdotta la previsione di ripetere il trattamento consolidante e protettivo finale sul coronamento del battistero da eseguirsi mediante applicazione su tutta la superficie sia di marmo sia di verde di prato per diffusione, di ossalato di ammonio veicolato con pasta cellulosa.

Inversamente a quanto succede nell'intervento del 2014, non si procede all'applicazione dell'ossalato di ammonio a consolidamento dei marmi della balaustra, mentre viene effettuato un trattamento anti-scrittura di tutta la parte basamentale fino a 2,00-2,50 m con il prodotto Fluoline HY e le parti alte sono trattate con il prodotto Silo 111.

61 Soprintendente Arch. Mario Lolli Ghetti, Responsabile istruttoria Arch. Paola Grifoni.

62 Dati tratti da: Progetto A1_30-2014L1-2

63 Dati tratti da: Progetto A1_30-2017L3-4

Intervento 2018

Le previsioni di progetto ricalcano sostanzialmente i due interventi visti in precedenza, compreso l'intervento con ossalato di ammonio. L'intervento è in corso nel momento in cui si scrive. Si è già detto, si veda il Paragrafo 2.5 "Specificità / genericità. Dicotomia di un sistema" di questa tesi, di come l'intervento con ossalato di ammonio, con tutta probabilità, non sarà eseguito.

5.4 L'indagine sperimentale: prove e campionamenti

Per l'obiettivo che questa ricerca si è posta di raggiungere, un metodo di valutazione dell'efficacia dei trattamenti idrorepellenti adatto è risultato la misura dell'assorbimento capillare di acqua tramite spugna di contatto UNI 11432:2011. Il metodo è infatti agevole, l'attrezzatura è reperibile facilmente in commercio e la misura può essere eseguita da chiunque con un po' di pratica. Il metodo, come si è visto nel Capitolo 3, ha alcune limitazioni: è un metodo trattato/non trattato⁶⁴ e non è applicabile in tutte le situazioni, né quando occorrono misurazioni assolute sulla porosità o sulla capacità di imbibizione della pietra. Queste limitazioni non interessano comunque gli aspetti indagati da questa ricerca per la quale il metodo a confronto è del tutto valido.

L'indagine è stata condotta appunto per confronto di risultati di misure in zone con trattamenti effettuati in momenti diversi. Le prove sono state effettuate con bilancia in cantiere (precisione al millesimo di grammo); la prova a contatto è stata effettuata da un unico operatore per evitare l'introduzione di eventuali errori per diverse manualità. A ogni tipo litologico è stata destinata una specifica spugna. L'attrezzatura utilizzata è così composta:

- Spugna di contatto Kit (3 spugne e 3 piastre di contatto in policarbonato), (CTS Srl, 2014);
- Bilancia digitale di precisione (Homgeek TL-Series con sistema di schermatura vento) capacità 50g, accuratezza 0,001g, precisione $\pm 0,001g$;
- Termoigrometro Trotec BC21: Temperatura dell'aria $-30\div 100$ °C, accuratezza 0,01°C,

⁶⁴ Si rimanda al Capitolo 3.

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

precisione $\pm 1^{\circ}\text{C}$; Umidità relativa dell'aria 0÷100 %, risoluzione 0,01 %, precisione a 25°C e 5÷95% HR: 2%;

- Termometro a contatto;
- Misuratore di umidità a contatto;
- Cronometro.



Le prove sono state effettuate tutte in due sole giornate, in condizioni climatiche assimilabili per temperatura e umidità relativa. Tutti i parametri ambientali e l'umidità di contatto delle lastre al momento delle prove sono stati monitorati e rilevati e sono riportati assieme ai risultati delle misurazioni nell'Appendice al Capitolo 5.

Le prove, per ottenere il più alto grado di comparazione e per limitare l'introduzione di errori, sono sempre state eseguite su lastre o conci verticali che consentissero anche di esercitare pressioni analoghe e costanti su tutti i punti, salvo due misurazioni effettuate sul marmo in due punti del basamento della balastra del coronamento del Battistero, che non sono però rientrate nella valutazione finale.

A seguire si riporta la schedatura dei campionamenti effettuati.

I punti oggetto di indagine sono stati ordinati per litotipi: M (Marmi bianchi), S (Serpentini), A (Arenarie). Il prefisso A indica che è stata effettuata la prova di assorbimento di acqua tramite spugna di contatto. Il numero cardinale indica il progressivo delle prove. Ovviamente ogni punto di prova riporta anche la collocazione sul monumento. Si rimanda anche alle schede identificative di cui al precedente paragrafo 5.2.

Laddove sia stato effettuato anche un prelievo è assegnata una specifica nomenclatura al campione prelevato.

Per ogni punto sono indicate quindi le prove effettuate, siano esse in situ o in laboratorio. I risultati delle prove sono riportate nelle specifiche sezioni.

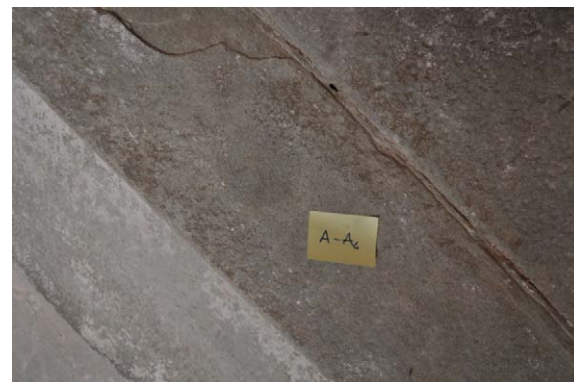
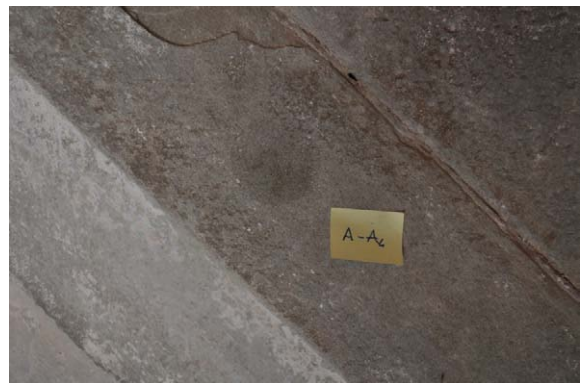
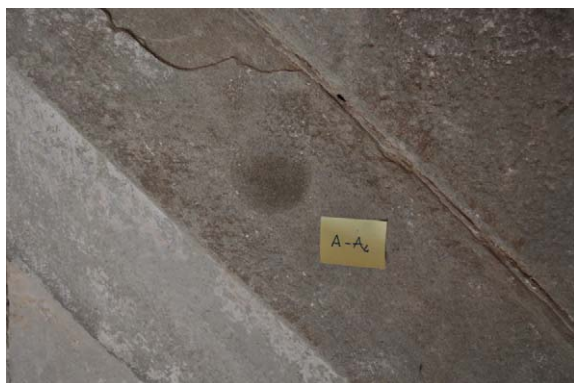
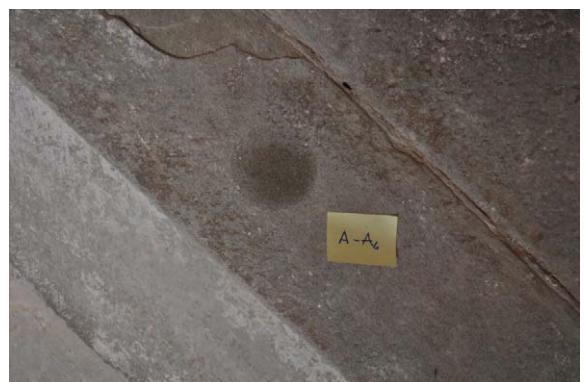
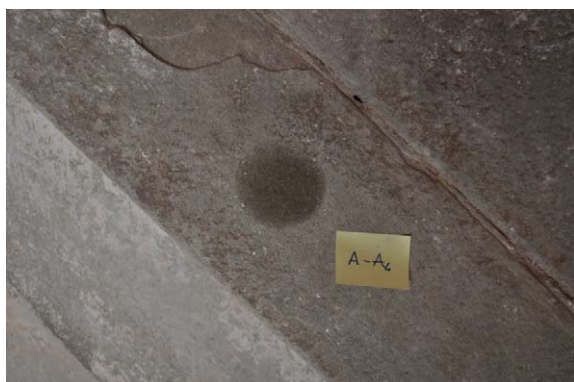
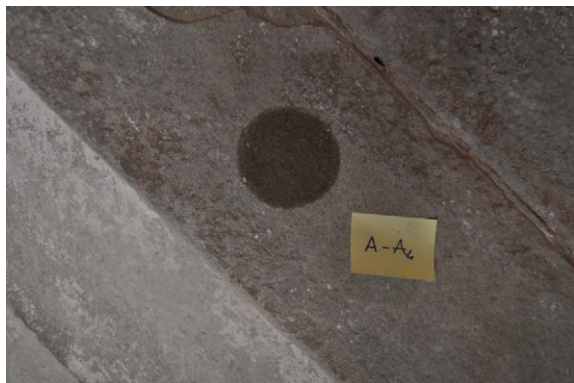


Fig.1. 19: Misurazione del tempo di asciugatura impronta della spugna di contatto.

ID Punto **AA01**

Tipo Litologico: ARENARIA

Localizzazione:

Soggetto: Torre Campanaria - Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Concio angolare in arenaria, stipite sinistro apertura della seconda loggetta a fasce marmoree bianche e verdi prospetto N-O. Il concio mostra un evidente stato di degrado che ha comportato una consistente perdita del materiale su circa il 40% della superficie esterna. Le parti al momento non interessate dalla caduta di materiale mostrano ancora segni di lavorazione. In queste zone è stata eseguita la prova di assorbimento. Non sono presenti patine biologiche.

Torre Prospetto N-O -
Livello 8 - Stipite sx
apertura

Data trattamento: 1999

Prodotto utilizzato: Probabile: Silicato di etile

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: CampSZPT-AA01-181008-103.JPG CampSZPT-AA01-180727-015.JPG
CampSZPT-AA01-180727-007.JPG CampSZPT-AA01-180727-008.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione sullo stipite



Concio in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AA02**

Tipo Litologico: ARENARIA

Localizzazione:

Soggetto: Torre Campanaria - Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Concio angolare in arenaria, stipite sinistro apertura della seconda loggetta a fasce marmoree bianche e verdi prospetto S-O. Il concio mostra una consistente mancanza in corrispondenza dello spigolo dello stipite. Inoltre mostra una certa tendenza a sfaldarsi. Sul concio sono presenti alcune piccole stuccature probabilmente eseguite in tempi diversi perché appaiano diverse per materiale impiegato. Non sono presenti patine biologiche. Le parti al momento non interessate dalla caduta di materiale mostrano ancora segni di lavorazione. In queste zone è stata eseguita la prova di assorbimento.

Torre Prospetto S-O -
Livello 7 - Stipite sx
apertura

Data trattamento: 1999

Prodotto utilizzato: Probabile: Silicato di etile

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

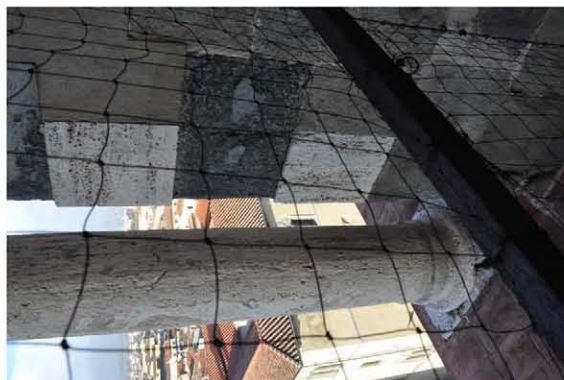
ID Campione

Prove su campione: --

Documentazione fotografica: CampSZPT-AA02-180801-047.JPG CampSZPT-AA02-180117-105.JPG
CampSZPT-AA02-180727-028.JPG CampSZPT-AA02-180727-033.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione sullo stipite



Localizzazione sullo stipite



Lastra in vista ravvicinata

ID Punto **AA03**

Localizzazione:

Tipo Litologico: ARENARIA

Soggetto: Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Concio in arenaria, facciata laterale, a sinistra dell'ingresso all'ambiente soprastante il portico. Questo concio ha completamente perso la superficie esterna e mostra in tutta la sua estensione segni di esfoliazione. Nonostante la perdita della lavorazione superficiale la grana della pietra esfoliata mantiene una superficie non eccessivamente scabrosa sulla quale è stato possibile eseguire la prova di assorbimento. Non sono presenti patine biologiche.

Facciata laterale
Cattedrale Prospetto N-O

Data trattamento: 2002

Prodotto utilizzato: Probabile: Silossani e Silicato di etile

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: CattSZPT-AA03-180727-016.JPG CattSZPT-AA03-180727-022.JPG
CattSZPT-AA03-180727-021.JPG CattSZPT-AA03-180727-028.JPG



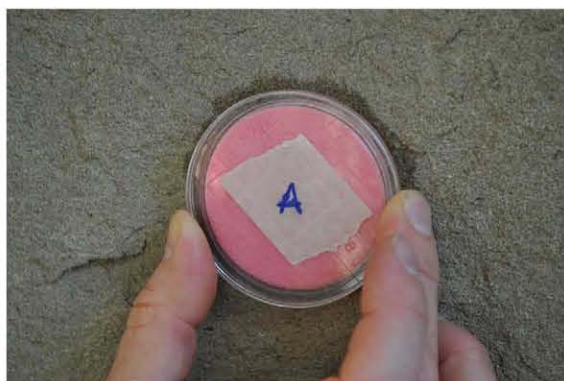
Localizzazione in facciata



Elemento architettonico



Lastra in vista ravvicinata



Prova di assorbimento

ID Punto **AA04**

Tipo Litologico: ARENARIA

Localizzazione:

Soggetto: Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Lastra in arenaria, riquadratura all'interno delle archeggiature dell'antica facciata, ambiente del sovraportico. Questa porzione di muratura, oggi in ambiente interno, era la facciata esterna della cattedrale fino alla metà del Quattrocento, epoca a cui risale il completamento del portico su questo lato della facciata. La superficie della pietra è in gran parte ben conservata e mostra ancora i segni di lavorazione. Sono presenti consistenti tracce di vecchie coloriture e scialbi presumibilmente a base di calce.

Sovraportico Cattedrale
S-O - Ambiente Interno

Data trattamento: ANTE 1999 Prodotto utilizzato: Probabile: Nessuno

Prova di assorbimento Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: --

Documentazione fotografica: CattSZPT-AA04-180727-017.JPG CattSZPT-AA04-180727-018.JPG
CattSZPT-AA04-180727-042.JPG CattSZPT-AA04-180727-036.JPG



Ambiente del Sovraportico



Arcata dell'antica facciata



Localizzazione sulla riquadratura



Vista ravvicinata

ID Punto **AA05**

Localizzazione:

Tipo Litologico: ARENARIA

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in arenaria, fascia basamentale del Battistero, prospetto S-O (lato 6). La lastra mostra una grana piuttosto compatta, non ha un elevato stato di degrado salvo evidenti depositi superficiali, qualche accenno di patine biologiche e apparenti e localizzate alterazioni cromatiche; mostra ancora segni di lavorazione.

Lato 6 – Prospetto S-O -
Lastra paramento

Data trattamento: 2000 Prodotto utilizzato: Silicato di etile

Prova di assorbimento Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI ■ NO Data Prelievo: 10/2018

ID Campione **P12**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AA05-180117-182.JPG BattSGPT-AA05-180801-047.JPG
BattSGPT-AA05-180801-057.JPG BattSGPT-AA05-180801-060.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione su basamento



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AA06**

Tipo Litologico: ARENARIA

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in arenaria, fascia basamentale del Battistero, prospetto N-O (lato 4). Questa lastra ha completamente perso la superficie esterna e mostra nella sua interezza segni di esfoliazione. Nonostante la perdita della lavorazione superficiale la grana della pietra esfoliata mantiene una superficie non eccessivamente scabrosa sulla quale è stato possibile eseguire la prova di assorbimento. Non sono presenti patine biologiche.

Lato 4 – Prospetto N-O -
Lastra paramento

Data trattamento: 2017

Prodotto utilizzato: Fluoline HY, esafluoropropene-fluoruro
di similitudine

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo: 10/2018

ID Campione **P14**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AA06-180801-123.JPG BattSGPT-AA06-180801-122.JPG
BattSGPT-AA06-180801-121.JPG BattSGPT-AA06-180801-124.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione su basamento



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AA07**

Tipo Litologico: ARENARIA

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in arenaria, fascia basamentale del Battistero, prospetto N-E (lato 2). La lastra mostra un evidente stato di degrado che ha comportato una consistente perdita del materiale su circa il 40% della superficie esterna. La parte al momento non interessata dalla caduta di materiale mostra ancora segni di lavorazione. In queste zona è stata eseguita la prova di assorbimento. Sono presenti localizzate patine biologiche e localizzati depositi superficiali.

Lato 2 – Prospetto N-E -
Lastra paramento

Data trattamento: 2014

Prodotto utilizzato: Dimetilpolisilossani

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

NO ■ Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: BattSGPT-AA07-180525-024.JPG BattSGPT-AA07-180801-128.JPG
BattSGPT-AA07-180801-124.JPG BattSGPT-AA07-180801-129.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione su basamento



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AA08**

Tipo Litologico: ARENARIA

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in arenaria, fascia basamentale del Battistero, prospetto N-E (lato 2). La lastra mostra un evidente stato di degrado che ha comportato una consistente perdita del materiale su circa il 80% della superficie esterna. La parte al momento non interessata dalla caduta di materiale mostra ancora tenui segni di lavorazione. In queste zona è stata eseguita la prova di assorbimento. Non sono presenti evidenti patine biologiche e depositi superficiali.

Lato 2 – Prospetto N-E -
Lastra paramento

Data trattamento: 2014

Prodotto utilizzato: Dimetilpolisilossani

Prova di assorbimento

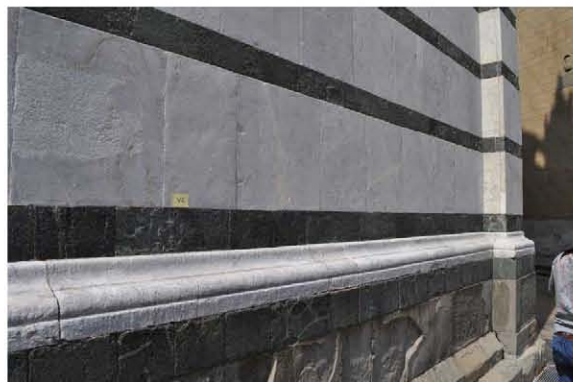
Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo: 10/2018

ID Campione **P17**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AA08-180525-029.JPG BattSGPT-AA08-180801-133.JPG
BattSGPT-AA08-180801-127.JPG BattSGPT-AA08-180801-128.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione su basamento



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AA09**

Tipo Litologico: ARENARIA

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in arenaria, fascia basamentale del Battistero, prospetto Sud (lato 7). La lastra mostra un evidente stato di degrado che ha comportato una consistente perdita del materiale su circa il 20% della superficie esterna. La parte al momento non interessata dalla caduta di materiale mostra ancora tenui segni di lavorazione. In queste zona è stata eseguita la prova di assorbimento. Sono presenti localizzate patine biologiche, localizzati depositi superficiali e localizzati dilavamenti.

Lato 7 – Prospetto Sud -
Lastra paramento

Data trattamento: 2000 Prodotto utilizzato: Silicato di etile

Prova di assorbimento Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI ■ NO Data Prelievo: 10/2018

ID Campione **P11**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AA09-180801-136.JPG BattSGPT-AA09-180801-138.JPG
BattSGPT-AA09-180801-141.JPG BattSGPT-AA09-180801-138.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione su basamento



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM01**

Tipo Litologico: TRAVERTINO

Localizzazione:

Soggetto: Torre Campanaria - Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Concio angolare in travertino, stipite sinistro apertura della seconda loggetta a fasce marmoree bianche e verdi prospetto N-O (primo ricorso dal basso). Il blocco mostra grana fine, porosa, con vacuoli di varie dimensioni. Il blocco si presenta con una pesante scialbatura, in buono stato di conservazione, con localizzati depositi superficiali, incrostazioni nei vacuoli, sostanziale assenza di patine biologiche. La prova di assorbimento è stata eseguita nelle zone più omogenee in assenza di vacuoli di grandi dimensioni.

Torre Prospetto N-O -
Livello 8 - Stipite sx
apertura

Data trattamento: 1999 Prodotto utilizzato: Silossani e scialbatura

Prova di assorbimento 27/07/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: CampSZPT-AM01-181008-103.JPG CampSZPT-AM01-180727-015.jpg
CampSZPT-AM01-180727-019.jpg CampSZPT-AM01-180727-022.jpg



Localizzazione in facciata



Localizzazione sullo stipite



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM02**

Tipo Litologico: MARMO BIANCO TRAVERTINO?

Localizzazione:

Soggetto: Torre Campanaria - Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Colonna in marmo (prima colonna a sinistra dell'apertura) della seconda loggetta a fasce marmoree bianche e verdi prospetto N-O. La colonna presenta una pesante scialbatura, non è pertanto leggibile la grana del marmo; si tratta presumibilmente di un marmo apuano bianco chiaro con qualche venatura grigia. La superficie si presenta in buono stato di conservazione, con sostanziale assenza di patine biologiche.

Torre Prospetto N-O -
Livello 8 - Colonna sx
apertura

Data trattamento: 1999 Prodotto utilizzato: Silossani e scialbatura

Prova di assorbimento 27/07/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: CampSZPT-AM01-181008-103.JPG CampSZPT-AM02-180727-013.jpg
CampSZPT-AM02-180727-027.jpg CampSZPT-AM02-180727-028.jpg



Localizzazione in facciata



Colonne ultimo ordine



Colonna in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM03**

Tipo Litologico: TRAVERTINO

Localizzazione:

Soggetto: Torre Campanaria - Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Concio angolare in travertino, stipite sinistro apertura della prima loggetta a fasce marmoree bianche e verdi prospetto S-O (primo ricorso dal basso). Il blocco mostra grana fine, porosa, con numerosi vacuoli anche di grandi dimensioni. È presente una scialbatura. La pietra è in buono stato di conservazione, con localizzati depositi superficiali, incrostazioni nei vacuoli, sostanziale assenza di patine biologiche. La prova di assorbimento è stata eseguita nelle zone più omogenee in assenza di vacuoli di grandi dimensioni.

Torre Prospetto S-O -
Livello 7 - Stipite sx
apertura

Data trattamento: 1999 Prodotto utilizzato: Silossani e scialbatura

Prova di assorbimento 27/07/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

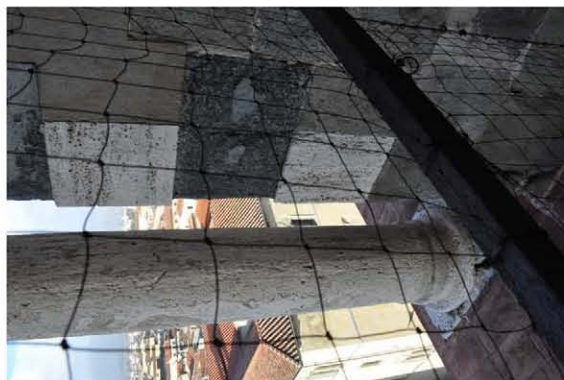
ID Campione

Prove su campione: --

Documentazione fotografica: CampSZPT-AM03-180801-047.jpg CampSZPT-AM03-180117-105.jpg
CampSZPT-AM03-180727-032.jpg CampSZPT-AM03-180727-033.jpg



Localizzazione in facciata



Localizzazione sullo stipite



Concio in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM04**

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Localizzazione:

Soggetto: Torre Campanaria - Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Colonna in marmo (colonna centrale esterna dell'apertura) della prima loggetta a fasce marmoree bianche e verdi prospetto S-O. Il marmo ha grana fine, colore bianco chiaro con qualche venatura grigia, leggermente arabescato. La superficie si presenta in buono stato di conservazione, ma scabrosa, con leggera degradazione differenziale; sostanziale assenza di patine biologiche.

Torre Prospetto S-O -
Livello 7 - Colonna
centrale apertura

Data trattamento: 1999 Prodotto utilizzato: Silossani
Prova di assorbimento 27/07/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

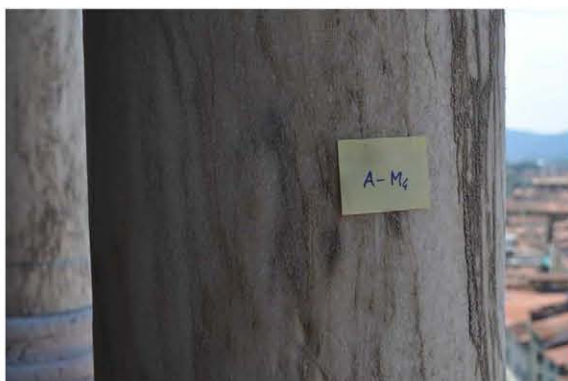
Documentazione fotografica: CampSZPT-AM04-180801-047.jpg CampSZPT-AM04-180727-038.jpg
CampSZPT-AM04-180727-040.jpg CampSZPT-AM04-180727-042.jpg



Localizzazione in facciata



Colonne secondo ordine



Colonna in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM05**

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Localizzazione:

Soggetto: Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Lastra in marmo apuano, riquadratura in facciata, fianco laterale, a destra dell'ingresso all'ambiente soprastante il portico. Lastra a grana fine, colore bianco chiaro con qualche venatura grigia. Buono stato di conservazione, depositi superficiali e macchie (spruzzi, probabilmente della verniciatura del profilo di gronda), sostanziale assenza di patine biologiche.

Fianco Cattedrale
Prospetto N-O

Data trattamento: 1999 Prodotto utilizzato: Dimetilpolisilossani

Prova di assorbimento 27/07/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: --

Documentazione fotografica: CattSZPT-AM05-180727-015.jpg CattSZPT-AM05-180727-011.jpg
CattSZPT-AM05-180727-014.jpg CattSZPT-AM05-180727-016.jpg



Localizzazione in facciata



Riquadratura bicroma



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM06**

Localizzazione:

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Soggetto: Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Concio in marmo apuano, arco bicromo dell'antica facciata, ambiente soprastante il portico. Concio a grana fine, colore bianco chiaro. Presente scialbatura e colature di colore dai conci sovrastanti. Buono stato di conservazione, è visibile la lavorazione originaria a gradina, sostanziale assenza di patine biologiche.

Sovraportico Cattedrale
S-O - Ambiente Interno

Data trattamento: ANTE 1999 Prodotto utilizzato: Scialbatura

Prova di assorbimento 27/07/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: CattSZPT-AM06-180727-030.jpg CattSZPT-AM06-180727-018.jpg
CattSZPT-AM06-180727-033.jpg CattSZPT-AM06-180727-035.jpg



Ambiente del Sovraportico



Arcata dell'antica facciata



Localizzazione sull'arcata



Vista ravvicinata

ID Punto **AM07**

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in marmo apuano, motivo bicromo del paramento. Lastra a grana media, colore bianco grigio leggermente ambrato. La lastra appare di media qualità, leggermente scabrosa, con localizzate crettature e inclusioni; sono presenti alcune stuccature. Stato di conservazione condizionato dalle discontinuità sopra elencate; presenza di patine biologiche nei punti di degrado. La prova di assorbimento è stata eseguita nelle zone più omogenee.

Lato 2 – Prospetto N-E -
Paramento

Data trattamento: 2014 Prodotto utilizzato: Dimetilpolisilossani

Prova di assorbimento 27/07/2018 e 01/09/2019 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI ■ NO Data Prelievo: 05/2018 e 10/2018

ID Campione **M4-P16**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AM07-180525-024.jpg BattSGPT-AM07-180727-008.jpg
BattSGPT-AM07-180727-012.jpg BattSGPT-AM07-180727-016.jpg



Localizzazione in facciata



Localizzazione su paramento



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM08**

Localizzazione:

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in marmo apuano, motivo bicromo del paramento, stipite destro del portale di ingresso prospetto Sud-Est. La lastra appare di media qualità, leggermente scabrosa, con venature accentuate; sono presenti stuccature; riequilibratura di colore presumibilmente a latte di calce con pigmenti. La superficie si presenta in buono stato di conservazione, ma scabrosa, con leggera degradazione differenziale; sostanziale assenza di patine biologiche. La prova di assorbimento è stata eseguita nelle zone più omogenee.

Lato 7 – Prospetto Sud -
Parasta dx portale
d'ingresso

Data trattamento: 2000 Prodotto utilizzato: Dimetilpolisilossani e riequilibratura

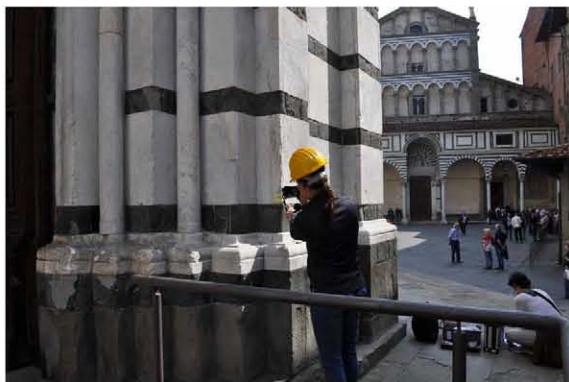
Prova di assorbimento 01/08/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI ■ NO Data Prelievo: 05/2018 e 10/2018

ID Campione **M1-P9-**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AM08-180525-007.jpg BattSGPT-AM08-180801-021.jpg
BattSGPT-AM08-180525-006.jpg BattSGPT-AM08-180801-044.jpg



Localizzazione in facciata



Localizzazione su stipite



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM09**

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in marmo apuano, pinnacolo balaustra del coronamento, prospetto Sud, Sud-Ovest. Lastra a grana fine, colore bianco chiaro con poche venature grigie e sfumature rosate. La superficie presenta vistose patine biologiche nere. La prova di assorbimento è stata eseguita cercando di evitare le zone con accentuate patina biologica (esposizione Nord-Ovest).

Lato 5c-6 – Prospetto Sud
- Pinnacolo volto a Nord

Data trattamento: 2000 Prodotto utilizzato: Dimetilpolisilossani

Prova di assorbimento 01/08/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

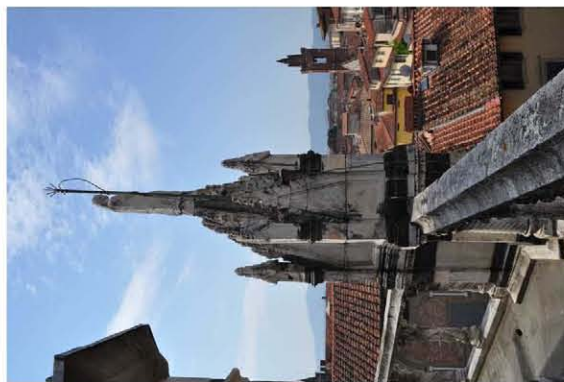
ID Campione

Prove su campione:

Documentazione fotografica: BattSGPT-AM09-180117-071.jpg BattSGPT-AM09-180801-062.jpg
BattSGPT-AM09-180801-072.jpg BattSGPT-AM09-180801-069.jpg



Localizzazione in facciata



Guglia



Elemento in vista ravvicinata

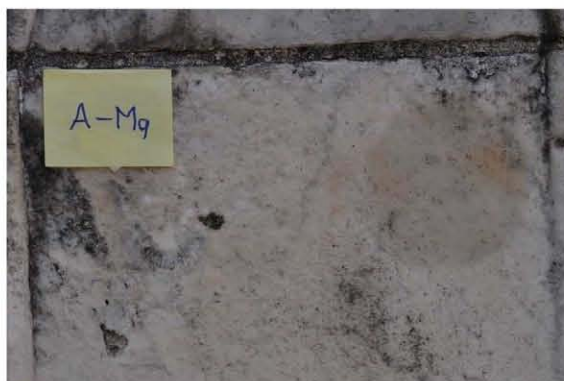


Immagine di dettaglio

ID Punto **AM10**

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Concio in marmo apuano, basamento della balaustra del coronamento, prospetto Sud-Ovest (posizionato orizzontalmente). Il blocco mostra grana fine, colore bianco chiaro con poche venature grigie. Presenza di licheni. La prova di assorbimento è stata eseguita su porzioni orizzontali prive di licheni (esposizione Sud-Ovest).

Lato 5 – Prospetto Ovest -
Basamento Balaustra,
spazio centrale

Data trattamento: 2000 Prodotto utilizzato: Dimetilpolisilossani

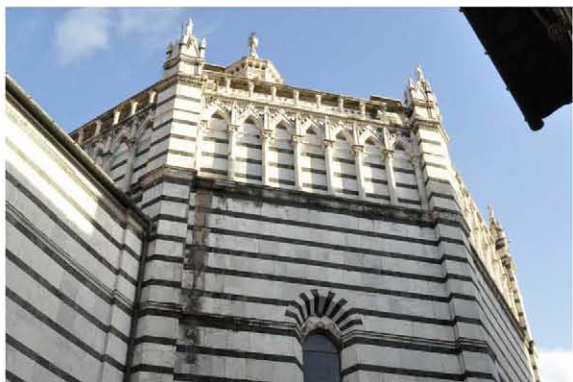
Prova di assorbimento 01/08/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: BattSGPT-AM10-180117-071.JPG BattSGPT-AM10-180801-078.JPG
BattSGPT-AM10-180801-077.JPG BattSGPT-AM10-180801-086.JPG



Localizzazione in facciata



Colonnini tortili balaustra



Elemento in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM11**

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in marmo apuano, pinnacolo balaustra del coronamento, prospetto Nord-Ovest. Lastra a grana fine, colore bianco chiaro con poche venature grigie e sfumature rosate. La superficie si presenta in buono stato di conservazione, ma leggermente scabrosa, con leggera degradazione differenziale.

Lato 4-5a – Prospetto Nord - Pinnacolo volto a N-E

Data trattamento: 2017 Prodotto utilizzato: Silo 111 silossano oligomero reattivo

Prova di assorbimento 01/08/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: --

Documentazione fotografica: BattSGPT-AM11-180117-174.JPG BattSGPT-AM11-180801-086.JPG
BattSGPT-AM11-180801-087.JPG BattSGPT-AM11-180801-088.JPG



Localizzazione in facciata



Guglia



Elemento in vista ravvicinata

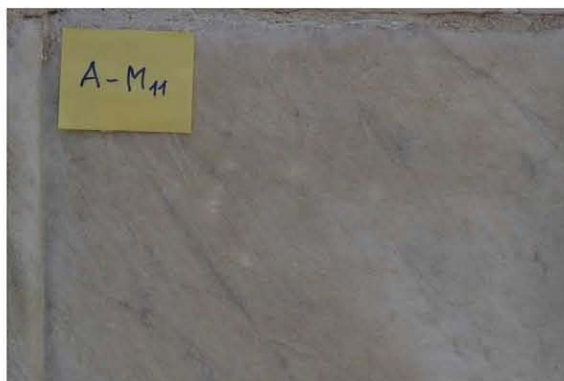


Immagine di dettaglio

ID Punto **AM12**

Localizzazione:

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Concio in marmo apuano, basamento della balaustra del coronamento, prospetto Nord-Ovest (posizionato orizzontalmente). Il blocco mostra grana fine, colore bianco chiaro con poche venature grigie e sfumature rosate. La superficie si presenta in buono stato di conservazione, assenza di patine biologiche. La prova di assorbimento è stata eseguita su porzioni orizzontali prive di licheni (esposizione Nord-Ovest).

Lato 5 – Prospetto Ovest -
Basamento Balaustra 2°
spazio da sx a dx

Data trattamento: 2017 Prodotto utilizzato: Silo 111 silossano oligomero reattivo

Prova di assorbimento 01/08/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: BattSGPT-AM12-180117-174.JPG BattSGPT-AM12-180801-095.JPG
BattSGPT-AM12-180801-092.JPG BattSGPT-AM12-180801-096.JPG



Localizzazione in facciata



Colonnini tortili balaustra



Elemento in vista ravvicinata

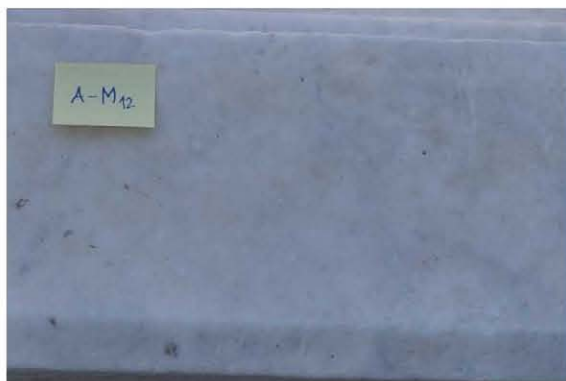


Immagine di dettaglio

ID Punto **AM13**

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in marmo apuano, motivo bicromo del paramento, prospetto Nord-Est. La lastra appare leggermente scabrosa, con venature accentuate e qualche inclusione; sono presenti stuccature con colorazioni rossastre. La superficie si presenta in buono stato di conservazione, ma scabrosa, con leggera degradazione differenziale; sostanziale assenza di patine biologiche. La prova di assorbimento è stata eseguita nelle zone più omogenee.

Lato 4 – Prospetto N-O -
Lastra paramento

Data trattamento: 2017 Prodotto utilizzato: Fluoline HY, esafluoropropene-fluoruro
di perfluorazione
Prova di assorbimento 01/08/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI ■ NO Data Prelievo: 10/2018

ID Campione **P13**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AM13-180525-061.JPG BattSGPT-AM13-180801-119.JPG
BattSGPT-AM13-180801-120.JPG BattSGIC-AM13-180525-062.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione su paramento



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AM14**

Localizzazione:

Tipo Litologico: MARMO BIANCO

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in marmo apuano, motivo bicromo del paramento, prospetto Nord-Est. Lastra a grana fine, colore bianco grigio chiaro con qualche venatura grigia. Buono stato di conservazione, assenza di patine biologiche.

Lato 2 – Prospetto N-E -
Lastra paramento

Data trattamento: 2014 Prodotto utilizzato: Dimetilpolisilossani

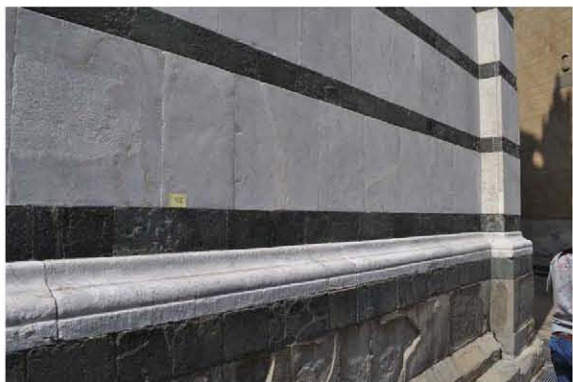
Prova di assorbimento 01/08/2018 Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI ■ NO Data Prelievo: 10/2018

ID Campione **P19**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AM14-180525-029.JPG BattSGPT-AM14-180801-128.JPG
BattSGPT-AM14-180801-132.JPG BattSGPT-AM14-180801-133.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione su paramento



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AS01**

Localizzazione:

Tipo Litologico: SERPERNTINO

Soggetto: Torre Campanaria - Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Concio angolare in serpentino, stipite sinistro apertura della seconda loggetta a fasce marmoree bianche e verdi prospetto N-O (primo ricorso dal basso). Le due facce visibili del concio presentano fenomeni di scagliatura concentrati soprattutto nella parte superiore. Si riscontra una perdita di materiale superficiale su circa il 30% dell'area esposta. Le scaglie in distacco sono di piccole dimensioni (4-5 mm massimo). La parte non ancora oggetto di perdita di materiale si presenta liscia anche se non levigata e di colore più chiaro. In queste zona è stata eseguita la prova di assorbimento. Non sono presenti evidenti patine biologiche e depositi superficiali.

Torre Prospetto N-O - Livello 8 - Stipite sx apertura

Data trattamento: 1999

Prodotto utilizzato: Elastomeri fluorurati

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: --

Documentazione fotografica: CampSZPT-AS01-181008-103.JPG CampSZPT-AS01-180727-015.JPG
CampSZPT-AS01-180727-009.JPG CampSZPT-AS01-180727-019.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione sullo stipite



Concio in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AS02**

Localizzazione:

Tipo Litologico: SERPERNTINO

Soggetto: Torre Campanaria - Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Concio angolare in serpentino, stipite sinistro apertura della seconda loggetta a fasce marmoree bianche e verdi prospetto S-O (primo ricorso dal basso). Le due facce visibili del concio presentano un diffuso fenomeno di scagliatura praticamente sull'intera superficie. Solo due piccole porzioni del lato interno non sono state interessate dalla perdita del materiale superficiale. Si riscontra infatti una perdita di materiale superficiale su circa il 95% dell'area esposta. Alcune scaglie in distacco sono di dimensioni considerevoli (10-15 mm). La superficie è complessivamente molto scabra comprese le parti dove è stata eseguita la prova di assorbimento. Non sono presenti evidenti patine biologiche e depositi superficiali

Torre Prospetto S-O -
Livello 7 - Stipite sx
apertura

Data trattamento: 1999

Prodotto utilizzato: Elastomeri fluorurati

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: CampSZPT-AS02-180801-047.JPG CampSZPT-AS02-180117-105.JPG
CampSZPT-AS02-180727-031.JPG CampSZPT-AS02-180727-032.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione sullo stipite



Concio in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AS03**

Localizzazione:

Tipo Litologico: SERPERNTINO

Soggetto: Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Lastra in serpentino, riquadratura in facciata, fianco laterale, a destra dell'ingresso all'ambiente soprastante il portico. La lastra presenta un diffuso fenomeno di scagliatura sull'intera superficie. Si riscontra infatti una perdita di materiale superficiale su circa il 50 % dell'area esposta. Alcune scaglie in distacco sono di dimensioni considerevoli (15-20 mm) ma di spessore molto contenuto (1-2 mm). La superficie è complessivamente scabra e non è stato possibile trovare un'area "integrata" per le prove di assorbimento. Dall'esame visivo si riscontrano localizzate patine biologiche, depositi superficiali o residui di vecchie scialbature o trattamenti.

Fianco Cattedrale
Prospetto N-O

Data trattamento: 1999

Prodotto utilizzato: Elastomeri fluorurati

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: --

Documentazione fotografica: CattSZPT-AS03-181008-099.JPG CattSZPT-AS03-180727-011.JPG
CattSZPT-AS03-180727-013.JPG CattSZPT-AS03-180727-016.JPG



Localizzazione in facciata



Riquadratura bicroma



Lastra in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AS04**

Localizzazione:

Tipo Litologico: SERPERNTINO

Soggetto: Cattedrale di San Zeno - Pistoia

Descrizione: Concio in serpentino, arco bicromo dell'antica antica facciata, ambiente del sovrapportico.
Concio compatto a grana fine, colore verde scuro. Presente tracce di scialbatura e colature di colore dai conci sovrastanti. Buono stato di conservazione. Sostanziale assenza di patine biologiche.

Sovraportico Cattedrale
S-O - Ambiente Interno

Data trattamento: ANTE 1999 Prodotto utilizzato: Scialbatura

Prova di assorbimento Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: CattSZPT-AS04-180727-017.JPG CattSZPT-AS04-180727-018.JPG
CattSZPT-AS04-180727-034.JPG CattSZPT-AS04-180727-035.JPG



Ambiente del Sovraportico



Arcata dell'antica facciata



Localizzazione sull'arcata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AS05**

Tipo Litologico: SERPERNTINO

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in serpentino, motivo bicromo del paramento. La superficie di questa lastra presenta una diffusa sbullettatura e scagliatura della superficie. La parte sinistra, quantificabile nel 20% della superficie totale, mostra consistenti ed estese stuccature con elastomeri.

Lato 2 – Prospetto N-E -
Paramento

Data trattamento: 2014

Prodotto utilizzato: Akeogard CO, esafluoropropene-
fluoruro di vinilidene

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI ■ NO

Data Prelievo: 05/2018 e 10/2018

ID Campione **V2-P18**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AS05-180525-029.JPG BattSGPT-AS05-180727-004.JPG

BattSGPT-AS05-180727-005.JPG BattSGPT-AS05-180801-129.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione su paramento



Lastra in vista ravvicinata



Lastra in vista ravvicinata

ID Punto **AS06**

Tipo Litologico: SERPERNTINO

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Concio in serpentino, basamento della guglia del coronamento alla quota della balaustra, prospetto Sud. Elemento rivolto a Nord. Concio in serpentino sagomato nella parte destra. La superficie esterna del concio è complessivamente integra e in buone condizioni. Dall'esame visivo si riscontrano localizzate tracce di scialbi a calce, patine biologiche e depositi.

Lato 5c-6 – Prospetto Sud
- Pinnacolo volto a Nord

Data trattamento: 2000

Prodotto utilizzato: Akeogard CO, esafluoropropene-
flueno di vinilidene

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

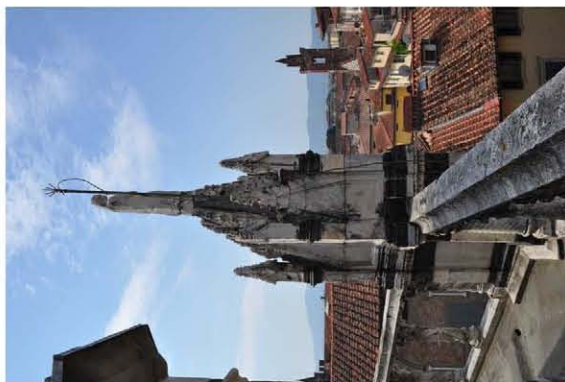
ID Campione

Prove su campione: - -

Documentazione fotografica: BattSGPT-AS06-180117-071.JPG BattSGPT-AS06-180801-062.JPG
BattSGPT-AS06-180801-097.JPG BattSGPT-AS06-180801-099.JPG



Localizzazione in facciata



Guglia



Elemento in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

ID Punto **AS07**

Tipo Litologico: SERPERNTINO

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Concio in serpentino, basamento della guglia del coronamento alla quota della balaustra, prospetto Nord. Elemento rivolto a N-E. Concio angolare del basamento che presenta una diffusa sbullettatura e scagliatura della superficie. Non sono presenti evidenti patine biologiche e depositi superficiali.

Lato 4-5a – Prospetto Nord - Pinnacolo volto a N-E

Data trattamento: 2017

Prodotto utilizzato: Fluoline HY, esafluoropropene-fluoruro di zolfo

Prova di assorbimento

Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo:

ID Campione

Prove su campione: --

Documentazione fotografica: BattSGPT-AS07-180117-174.JPG BattSGPT-AS07-180801-107.JPG
BattSGPT-AS07-180801-117.JPG BattSGPT-AS07-180801-109.JPG



Localizzazione in facciata



Balaustra coronamento



Guglia



Elemento in vista ravvicinata

ID Punto **AS08**

Localizzazione:

Tipo Litologico: SERPERNTINO

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in serpentino, motivo bicromo del paramento. La lastra presenta un diffuso fenomeno di scagliatura sull'intera superficie e si riscontra infatti una perdita di materiale superficiale sul circa il 100% dell'area esposta. La superficie è complessivamente molto scabra. Nella parte superiore e lungo tutto il bordo inferiore si trovano stuccature con elastomeri. Non sono presenti evidenti patine biologiche e depositi superficiali.

Lato 4 – Prospetto N-O -
Lastra paramento

Data trattamento: 2017 Prodotto utilizzato: Fluoline HY, esafluoropropene-fluoruro
di vinilidene

Prova di assorbimento Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo: 10/2018

ID Campione **P15**

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AS08-180801-118.JPG BattSGPT-AS08-180801-120.JPG



Localizzazione in facciata



Elemento in vista ravvicinata

ID Punto **AS09**

Tipo Litologico: SERPERNTINO

Localizzazione:

Soggetto: Battistero di San Giovanni in Corte - Pistoia

Descrizione: Lastra in serpentino, motivo bicromo del paramento. La superficie di questa lastra presenta una diffusa sbullettatura e scagliatura della superficie. Lungo il bordo superiore, a contatto con la lastra marmorea si riscontrano le mancanze più consistenti. Non sono presenti evidenti patine biologiche e depositi superficiali.

Lato 7 – Prospetto Sud -
Lastra paramento

Data trattamento: 2000 Prodotto utilizzato: Akeogard CO, esafluoropropene-
fluoruro di vinilidene

Prova di assorbimento Risultati: Vedi Sezione 5.4 e 5.5

Prelievo: SI NO Data Prelievo: 10/2018

ID Campione

Prove su campione: FT-IR

Documentazione fotografica: BattSGPT-AS09-180801-136.JPG BattSGPT-AS09-180801-134.JPG
BattSGPT-AS09-180801-135.JPG BattSGPT-AS09-180801-138.JPG



Localizzazione in facciata



Localizzazione su paramento



Elemento in vista ravvicinata



Immagine di dettaglio

5.5 La lettura in situ dell'efficacia residua dei trattamenti

Le prove condotte hanno permesso di leggere una differenza del comportamento della pietra nei confronti dell'assorbimento capillare d'acqua tramite spugna di contatto nelle zone che avevano periodi di trattamento differenti. In qualche caso è stato possibile anche effettuare un raffronto tra trattamenti differenti eseguiti sugli stessi tipi litologici nello stesso anno. E' il caso che si è verificato sui Lati 3 e 4 del Battistero sui quali, nei lavori di restauro del 2017, è stato differenziato il trattamento alla base da quello in alzato mediante trattamenti anti-scrittta con copolimeri esafluoropropene-fluoruro di vinilidene (prodotto Fluoline HY) su tutti e tre i tipi litologici del basamento del Battistero, marmo bianco, serpentino e arenaria e che ha permesso il confronto con i serpentini e i marmi trattati nello stesso momento con polimetilsilossani (prodotto Silo111) a livello del coronamento. Un altro confronto interessante è possibile tra le parti trattate con i prodotti indagati e il metodo più tradizionale della scialbatura a calce, argomento sul quale ci si soffermerà nelle conclusioni di questa tesi per alcune riflessioni. Il resoconto delle prove è suddiviso per litotipi. Per agevolare la lettura dei risultati, tutti i dati di misurazione, compresi quelli relativi ai parametri ambientali, sono riportati separatamente in Appendice al presente capitolo.

5.5.1 Lettura dei risultati per i Marmi bianchi

I marmi che costituiscono i paramenti esterni delle tre fabbriche prese in esame, cattedrale, campanile e battistero, come spesso accade in complessi monumentali, provengono molto probabilmente da cave diverse, un po' per la storia diacronica dei tre edifici, un po' per le sostituzioni eseguite nel tempo⁶⁵. Nella parte alta del Campanile della



⁶⁵ Sui restauri che hanno interessato le tre fabbriche si veda Il testo di F.Gurrieri, (Gurrieri, 1995b).

Cattedrale per esempio il bianco delle paramento bicromo è costituito in buona parte da travertini, come pure è di travertino qualche colonna. Gli altri marmi, sia del campanile che della Cattedrale e del Battistero sono in qualche caso marmi bianchi provenienti dalla 'Montagnola Senese' (F. Gurrieri riporta che il loro utilizzo è documentato per la fascia basamentale del Battistero in contratti del 1320⁶⁶) e marmi apuani (anch'essi documentati nella prosecuzione dei lavori al Battistero nel 1353⁶⁷).



Fig.1. 20: La facciata della Cattedrale di San Zeno e alcuni elementi marmorei appartenenti alle diverse epoche di trasformazione dell'impianto architettonico

66 I dati sono tratti dal testo di F. Gurrieri (Gurrieri, 1995a, p. 93)

67 Idem. Qualche elemento sembra avere inoltre le caratteristiche dei marmi della cava del Monte San Giuliano, o Monte Pisano, con venature di dolomite; per una nota sul Marmo del Monte Pisano si veda il lavoro di M. Lezzerini, che riporta le principali caratteristiche: "sono: massa volumica apparente variabile da 2,67 a 2,69 g/cm³, coefficiente d'imbibizione d'acqua variabile da 0,1 a 0,3% in peso, dolomite sempre presente, in quantità variabile da 0,5 a 8% in peso" (Lezzerini, 2005). Sicuramente altri elementi ancora sembrano più simili al marmo apuano, in particolari elementi che, per lo stato di conservazione, sembrano stati oggetto di più recenti sostituzioni.



Fig.1. 21: La pavimentazione bicroma del portico della Cattedrale



Fig.1. 22: L'apparato figurativo e scultoreo del portale di ingresso del Battistero

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale



Fig.1. 23: Apparato decorativo e scultoreo coronamento e archeggiature dell'ottagono del Battistero



Fig.1. 24: Doccioni zoomorfi del coronamento del Battistero e stato di degrado

Un tale quadro ha comportato la decisione di effettuare le prove a gruppi, su lastre che mostrassero caratteristiche simili, per garantire la comparazione dei dati. Per validare la scelta delle lastre, si sono prese a campione due lastre appartenenti a un stesso prospetto, sul quale si presume quindi sia presente un trattamento equivalente; si veda più avanti il confronto tra i punti AA07 e AA14.

I marmi bianchi sono stati trattati in tutti gli interventi di restauro analizzati con polimetilsilossani⁶⁸, anche se su molti travertini della torre campanaria e su qualche lastra del battistero sono state rilevate delle scialbature, dato questo, che analizzeremo più avanti. La ricostruzione del quadro dei trattamenti dei marmi sui due complessi monumentali, può essere riassunta come segue:

Punto prova	Anno di trattamento	Prodotto individuato	Campioni patine ⁶⁹
AM01	1999	Scialbatura e (dubbio) silossani	--
AM02	1999	Scialbatura e (dubbio) silossani	--
AM03	1999	Scialbatura e (dubbio) silossani	--
AM04	1999	Silossani	--
AM05	2000	Polimetilsilossani	--
AM06	0	Scialbatura	--
AM07	2014	Polimetilsilossani	P16-M4

⁶⁸ Si rimanda alla sezione 5.2 di questo capitolo.

⁶⁹ Si rimanda all'Appendice B per i risultati delle spettrometrie FT-IR delle patine.

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

AM08	2000	Scialbatura e Polimetilsilossani	P9-P10-M1
AM09	2000	Polimetilsilossani	--
AM10	2000	Polimetilsilossani	--
AM11	2017	Silossano oligomero reattivo (Polimetilsilossani dopo polimerizzazione)	--
AM12	2017	Silossano oligomero reattivo (Polimetilsilossani dopo polimerizzazione)	--
AM13	2017	Esafluoropropene-fluoruro di vinilidene	P13
AM14	2014	Polimetilsilossani	P19

Per una valutazione dell'incidenza della grana superficiale della pietra sulle misure di assorbimento capillare, sul Lato 2 Nord-Est del Battistero è stata individuata una lastra del paramento che mostrava delle differenze rispetto alle altre, con una grana più grossa e una qualità apparentemente diversa da lastre a grana più compatta. La comparazione visiva delle lastre è riportata qui sotto in Fig.1. 25.

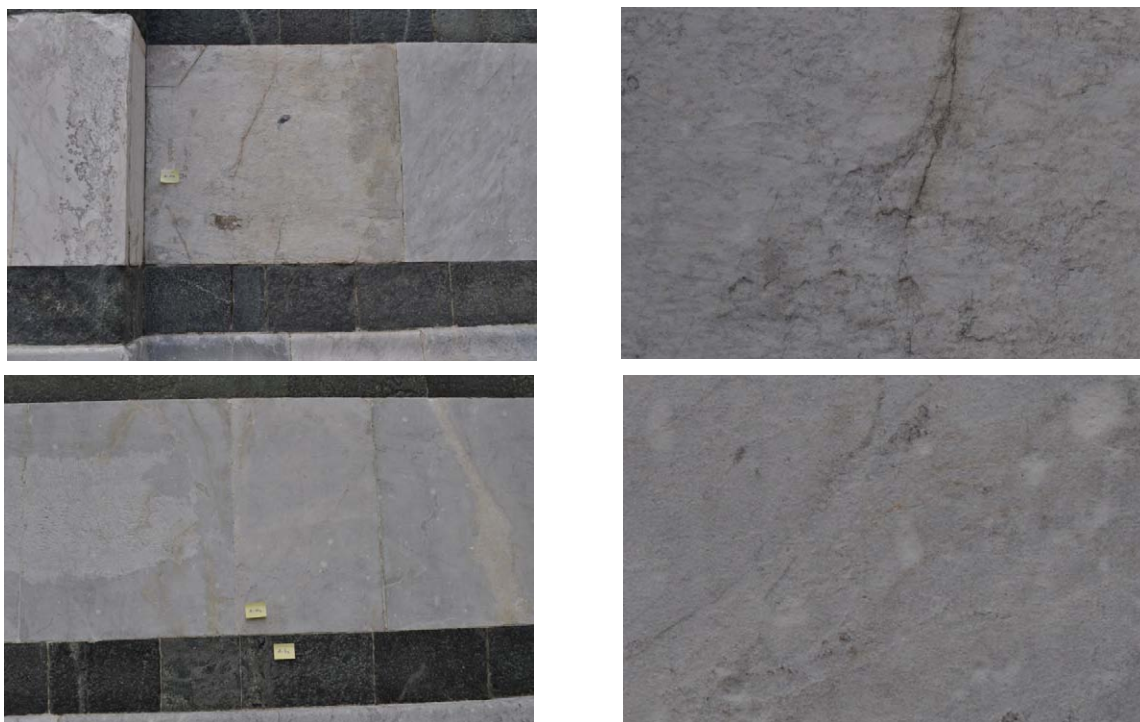


Fig.1. 25 Comparazione lastre in marmo, inquadramento e ingrandimento, AM07 (sopra) e AM14 (sotto), anno trattamento 2014.

La prova sul punto AM07 è stata ripetuta due volte per verificare che i risultati non dipendessero dall'introduzione di un errore. Il risultato delle prove è sintetizzato nel grafico sotto riportato, dal quale risulta evidente lo scostamento dei valori di assorbimento per la lastra AM07 (in doppia misurazione) da quello della lastra AM14.

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

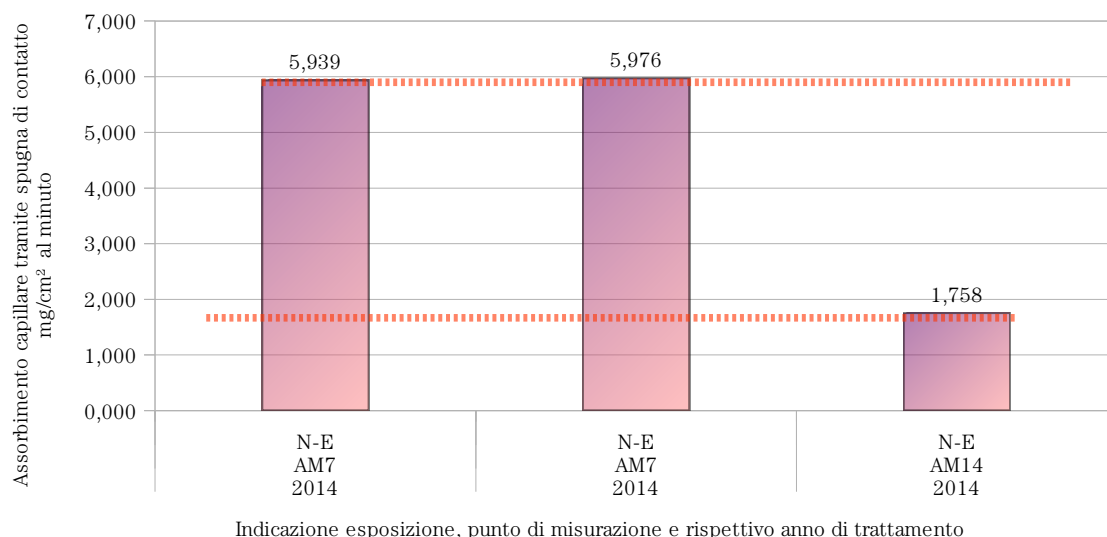


Grafico 1: Comparazione assorbimenti capillari punti AM07 (in doppia misurazione) e AM14; anno di trattamento 2014

Le prove di assorbimento con spugna di contatto sui marmi di tipo bianchi hanno restituito dati compresi in un range tra 0,440 e 5,98 mg/cm² al minuto⁷⁰. Gli assorbimenti mostrano discrete differenze nelle lastre il cui ultimo trattamento risale all'anno 2000 e quelle con i trattamenti più recenti, salvo il caso di cui si è detto ora del punto AM07. Il quadro generale delle misurazioni per i marmi è riportato nel seguente Grafico 2.

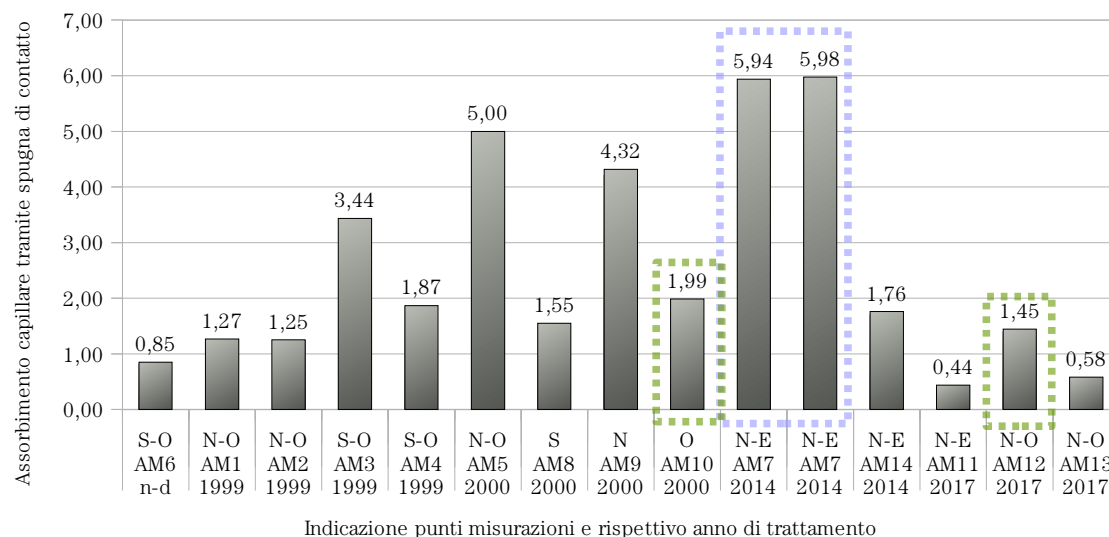


Grafico 2: Marmi bianchi: assorbimenti capillari tramite spugna di contatto, in mg/cm² al minuto, indicazione dei punti di misurazione e rispettivo anno di trattamento.

⁷⁰ Si rimanda alle tabelle in appendice al presente capitolo per i dati relativi alla condizione climatica della conduzione della prova.

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Nel grafico sono riquadrati in verde i due valori di assorbimento relativi al basamento della balaustra del coronamento, che come si diceva nel paragrafo 5.1 sono le uniche due misurazioni effettuate su parti orizzontali. I rispettivi valori non saranno presi in considerazione per le successive riflessioni, al pari di quelli della lastra AM07 utilizzata come validazione del sistema di prove (riquadrate in azzurro nel grafico) come è stato specificato sopra. Per la valutazione dell'efficacia residua dei trattamenti saranno presi in considerazione i dati dei punti AM5, AM9 AM14, AM11 e AM13; i dati di assorbimento sono riportati nel Grafico 3.

La letteratura sugli idrorepellenti di tipo polisilossanico, permette di ritenere l'efficacia dei trattamenti eseguiti a 18 anni di distanza pari a zero. Gli assorbimenti più alti di questi marmi, pari a 4,999 e 4,316 mg/cm² al minuto, si riferiscono come si vede dal Grafico 3 alle lastre il cui trattamento risale all'intervento del 2000, punti AM5 e AM9. Il valore medio delle due misurazioni, pari a 4,658 mg/cm² al minuto (linea arancione), è stato quindi assunto come si vedrà nel successivo Grafico 14 nelle conclusioni a questo capitolo, come dato di efficacia pari allo 0% del trattamento protettivo.

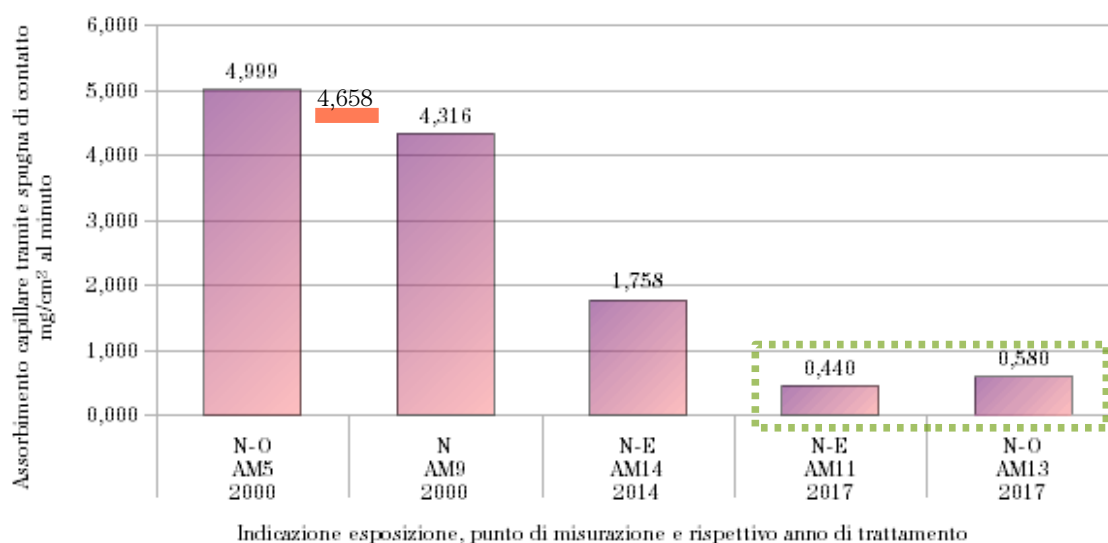


Grafico 3: Marmo Bianco - Assorbimenti capillare tramite spugna di contatto in mg/cm² al minuto, punti AM5, AM9 AM14, AM11 e AM13

I valori restituiti da questo primo gruppo di misurazioni sono utili per leggere i maggiori assorbimenti delle parti con trattamento più 'datato' rispetto a quelli con trattamento più recente.

I valori restituiti sono utili anche per un raffronto tra trattamenti di tipo diverso eseguiti nel 2017: il valore di AM13 (Lato 4 Battistero, parte basamentale), è stato riportato in questo grafico per comodità assieme a AM11 (Lato 4 Battistero, coronamento); nei lavori del 2017, come visto nel paragrafo 5.3 è stato effettuato un trattamento anti-scrittura sulla parte basamentale dei Lati 3 e 4 del Battistero con Fluoline HY fino a una quota di 2,00 – 2,50 m da terra. I dati dei due diversi trattamenti sui marmi bianchi, Fluoline HY e Silo111, eseguiti contemporaneamente (2017) sono, sebbene leggermente diversi, comunque comparabili.

Un altro interessante confronto deriva dall'aggregazione dei dati dei punti AM1, AM2, AM3, AM6, AM8, tutti con trattamenti ascrivibili agli anni 1999 e 2000, e AM14, anno di trattamento 2014, come rappresentato nel Grafico 4.

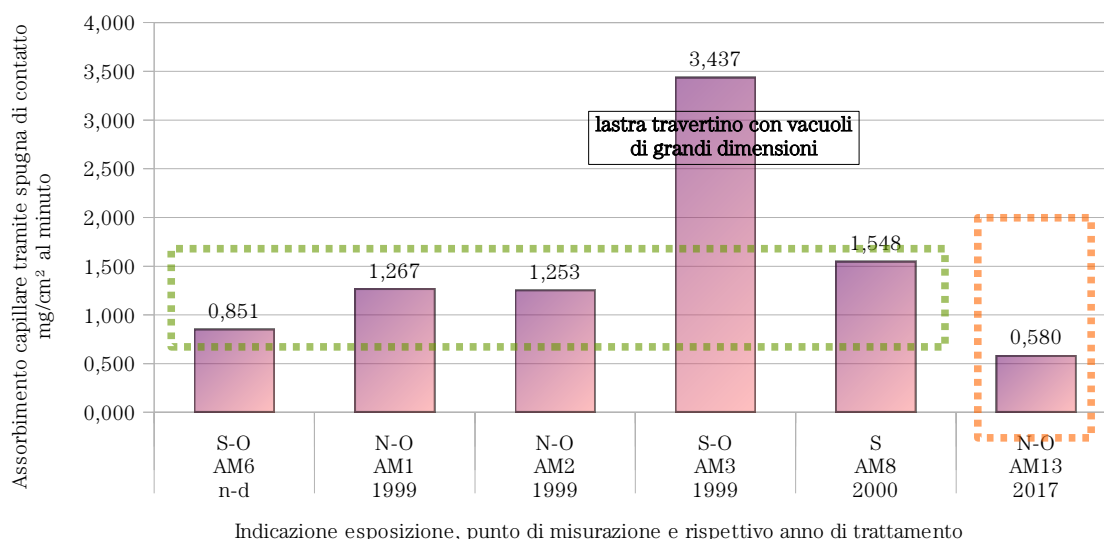


Grafico 4: Travertini e Marmi Bianchi con scialbature - Assorbimenti capillare tramite spugna di contatto in mg/cm^2 al minuto, punti AM6, AM1, AM2, AM3, AM8 (anni 1999/2000 e AM14 anno 2014)

Come illustrato nelle rispettive schede del paragrafo 5.3, i punti si riferiscono a parti sulle quali è visibile una scialbatura: AM1 e AM3 sono lastre in travertino del paramento bicromo del campanile, il primo con vacuoli non troppo grandi, il secondo invece con vacuoli piuttosto accentuati (la prova di assorbimento è comunque stata effettuata nelle porzioni maggiormente omogenee); AM2 è una colonna in marmo con una spessa scialbatura che sembrerebbe addirittura antecedente ai lavori di restauro del 1999, come risulta infatti dalle immagini del testo di F. Gurrieri (Gurrieri, 1995a, pp. 122–123), riportate nelle pagine seguenti, nella quali queste scialbature sono già evidenti; AM8 è una lastra in marmo bianco sul fronte sud del Battistero, in prossimità del portale, che mostra stuccature e probabilmente una leggera riequilibratura di colore a

calce. Il grafico evidenzia come gli assorbimenti rilevati in questi elementi siano tutti decisamente contenuti, salvo AM3 (travertino con vacuoli di grandi dimensioni). Come si vede dal grafico infatti, i valori sono addirittura inferiori a quelli del punto AM14 (trattamento polisilossano 2014). Sembra quindi che la velatura o scialbatura a latte di calce, dia dei buoni risultati in termini di riduzione di assorbimento capillare anche su tempi decisamente lunghi. Un altro aspetto degno di nota è che lo stato di conservazione delle lastre in esame è buono e non sono visibili vistosi depositi, né tracce di attacchi biologici. Torneremo su questi aspetti nelle conclusioni di questo capitolo.



Fig.1. 26 Immagine del campanile tratta da F. Gurrieri 1995.

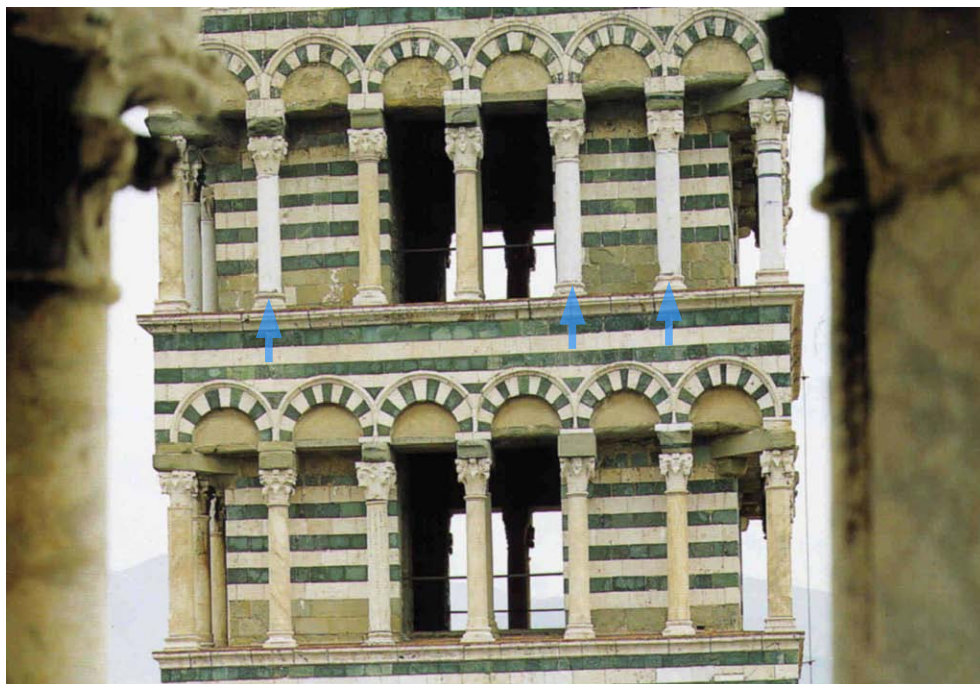


Fig.1. 27: L'immagine precedente in un ingrandimento. Sono visibili le scialbature delle colonne e ben visibili differenziazione cromatica, evidentemente mantenute con il restauro del 1997-2000 condotto dalla Soprintendenza.

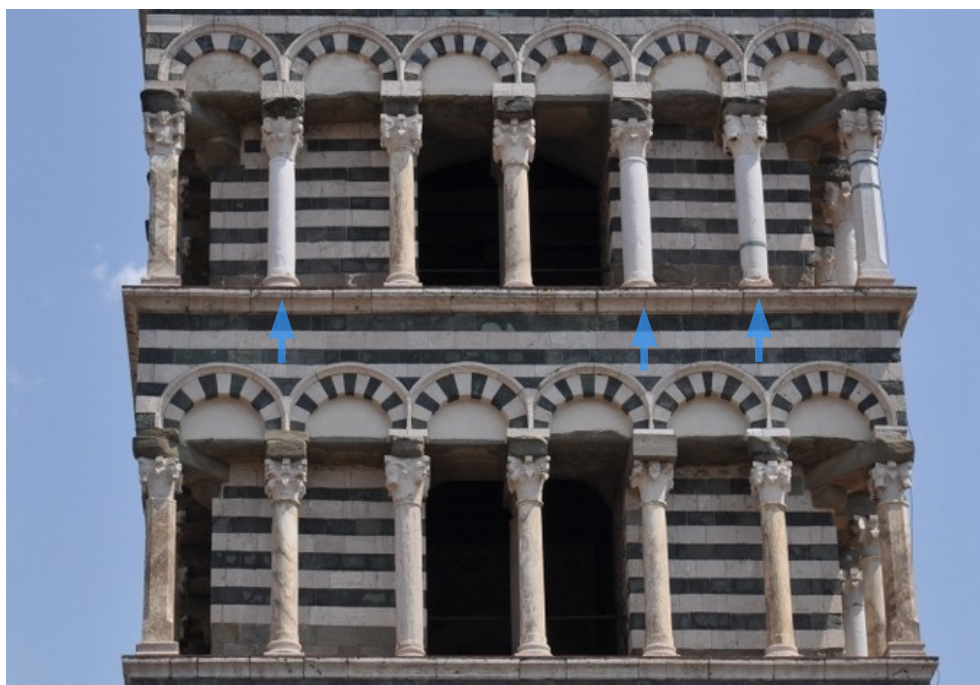


Fig.1. 28 La stessa inquadratura del campanile oggi. Si possono leggere le stesse scialbature mantenute in essere e ancora ben visibili.

Da quanto sopra esposto quindi si può affermare per i marmi che una lettura del decadimento dell'efficacia dei protettivi sia possibile e sia pure possibile con una certa approssimazione, comparare tra loro diversi tipi di trattamenti. L'argomento sarà ripreso nelle conclusioni di questo capitolo.

5.5.2 Lettura dei risultati per i Serpentine

La bicromia presente nell'interezza del paramento del Battistero, negli ultimi ordini del campanile, nel portico e sovrapportico della facciata principale e nelle tarsie marmoree delle formelle sul fianco della Cattedrale, è realizzata dai bianchi di cui si è detto nel paragrafo precedente e da serpentine, presumibilmente il Verde di Prato, una



Fig.1. 29: Degrado delle serpentine, portale fronte sud del Battistero

serpentinite che affiora nel colle di Monte Ferrato, a nord di Prato (Bastogi & Fratini, 2004). Il degrado dei serpentine è accentuato un po' ovunque, con perdita di notevoli spessori delle lastre e dei conci, specie nelle zone più esposte e, come di consueto per questo materiale, nelle zone più irraggiate, con la tipica 'sbullettatura' definita da Giovanni Targioni Tozzetti nelle sue 'Relazioni' (Bastogi & Fratini, 2004) e scagliatura.



Fig.1. 30: Serpentini in vari elementi della bicromia del Battistero

I serpentini sono stati trattati in tutti gli interventi di restauro analizzati con esafluoropropene-fluoruro di vinilidene, nelle varie formulazioni che questo ha avuto nei prodotti in commercio dalla fine degli anni novanta dello scorso secolo a oggi⁷¹. La ricostruzione del quadro dei trattamenti dei serpentini sui due complessi monumentali, può essere riassunta come segue:

Punto prova	Anno di trattamento	Prodotto individuato	Campioni patine ⁷²
-------------	---------------------	----------------------	-------------------------------

⁷¹ Si rimanda alla sezione 5.2 di questo capitolo.

⁷² Si rimanda all'Appendice B per i risultati delle spettrometrie FT-IR delle patine.

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

AS01	1999	Esafluoropropene-fluoruro di vinilidene	--
AS02	1999	Esafluoropropene-fluoruro di vinilidene	--
AS03	1999	Esafluoropropene-fluoruro di vinilidene	--
AS04	0	Scialbatura	--
AS05	2014	Esafluoropropene-fluoruro di vinilidene	V2-P18
AS06	2000	Esafluoropropene-fluoruro di vinilidene	--
AS07	2017	Esafluoropropene-fluoruro di vinilidene	--
AS08	2017	Esafluoropropene-fluoruro di vinilidene	P15
AS09	2000	Esafluoropropene-fluoruro di vinilidene	--

Le misurazioni sui serpentini hanno dato risultati più eterogenei rispetto agli altri due tipi litologici. Le prove di assorbimento con spugna di contatto hanno restituito dati compresi in un range tra 0,744 e 4,938 mg/cm² al minuto⁷³ ma la distribuzione dei picchi più alti di assorbimento appare più legata allo stato di conservazione delle superfici che non alla vetustà del trattamento. Vero è che il dato decisamente più basso in termini di assorbimento risulta comunque quello dell'ultimo trattamento effettuato nel 2017 con Fluoline HY esafluoropropene-fluoruro di vinilidene utilizzato come anti-scrittura nella parte basamentale dei prospetti Lati 3 e 4 (punto AS08).

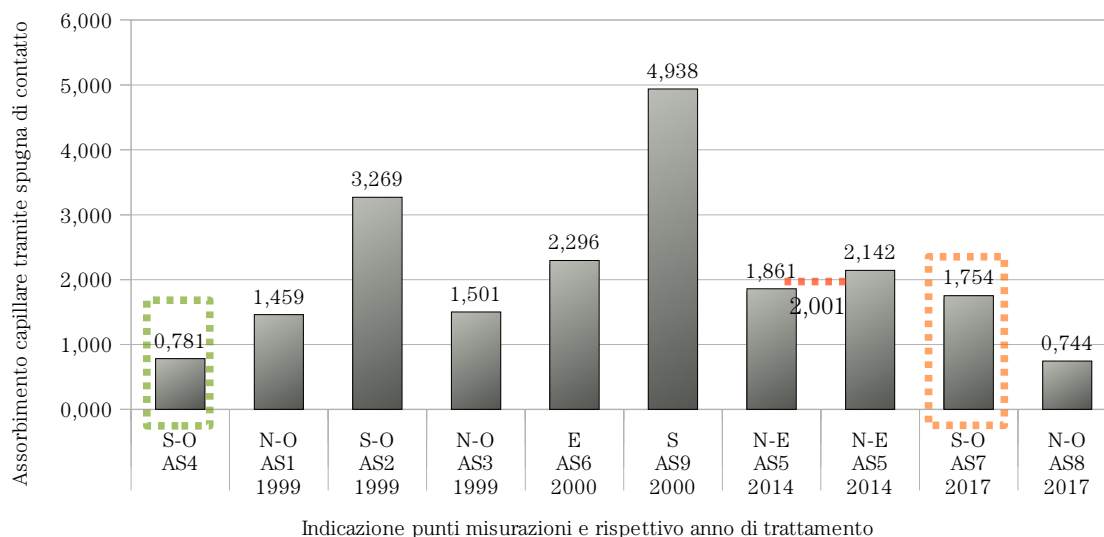


Grafico 5: Serpentini: assorbimenti capillari tramite spugna di contatto, in mg/cm² al minuto, indicazione dei punti di misurazione e rispettivo anno di trattamento.

Il quadro generale delle misurazioni per i serpentini è riportato nel Grafico 5. Il punto AS05 è stato utilizzato come punto prova per la valutazione delle variazioni di

⁷³ Si rimanda alle tabelle in appendice al presente capitolo per i dati relativi alla condizione climatica della conduzione della prova.

assorbimento in momenti differenti. Le condizioni climatiche sono state nelle due giornate sostanzialmente simili. Si è verificato un leggero scostamento nelle misure, comunque contenuto, e si può rilevare che il maggiore assorbimento della seconda giornata è coinciso anche con una più rapida sparizione dell'impronta della spugnetta, circa 30 secondi, rispetto a quello della prima giornata, comunque rapido, 1 minuto. Per questo punto è stato considerato il valore medio delle due misurazioni per le successive considerazioni.

Il reperimento dei dati sul trattamento del punto AS07 (guglia del coronamento, anno di intervento 2017), per quanto appartenente a un intervento recente, è risultato difficoltoso e permane l'incertezza che sia stato applicato un copolimero esafluoropropene-fluoruro di vinilidene (Fluoline HY) oppure un polimetilsilossano (Silo 111). Il punto AS04 (vano del sovrapportico) presenta una superficie molto ben conservata e una scialbatura.

Per i motivi sovraesposti i dati sono stati aggregati così: medie dei punti con stessa vetustà di trattamento (1999/2000 e 2014) e distinzione dei dati dei punti AS07 e AS08.

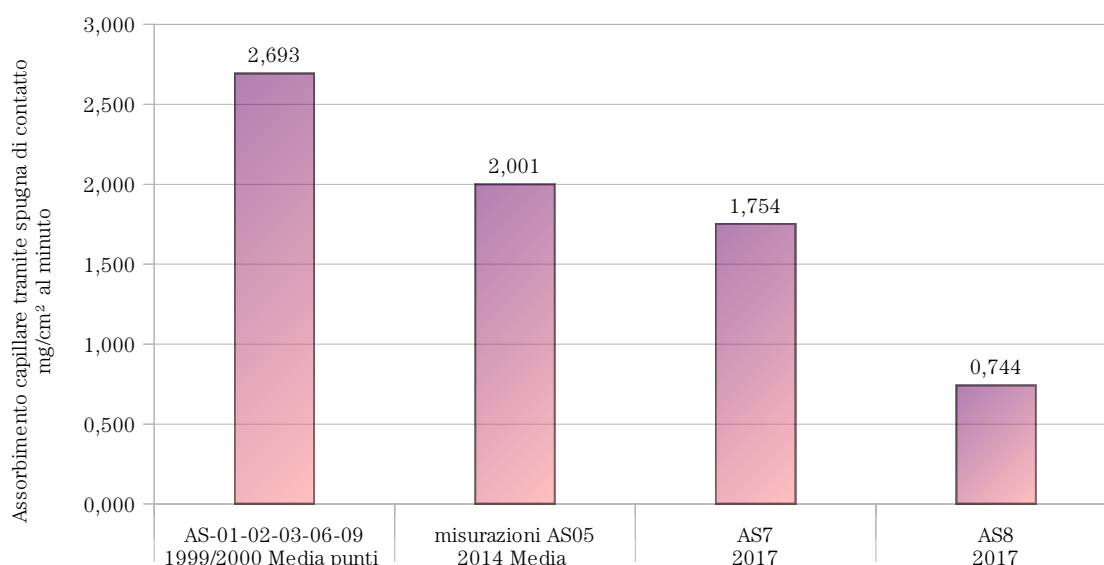


Grafico 6: Serpentine - Assorbimenti capillare tramite spugna di contatto in mg/cm² al minuto, medie punti trattamento 1999/2000, 2014, e i due trattamenti 2017.

Anche nel caso dei serpentine è comunque interessante il confronto tra: gli assorbimenti medi dei punti con trattamento 1999/2000; il serpentine con scialbatura e il serpentine con anno di trattamento 2017 (Fluoline HY), come mostrato nel grafico sottostante.

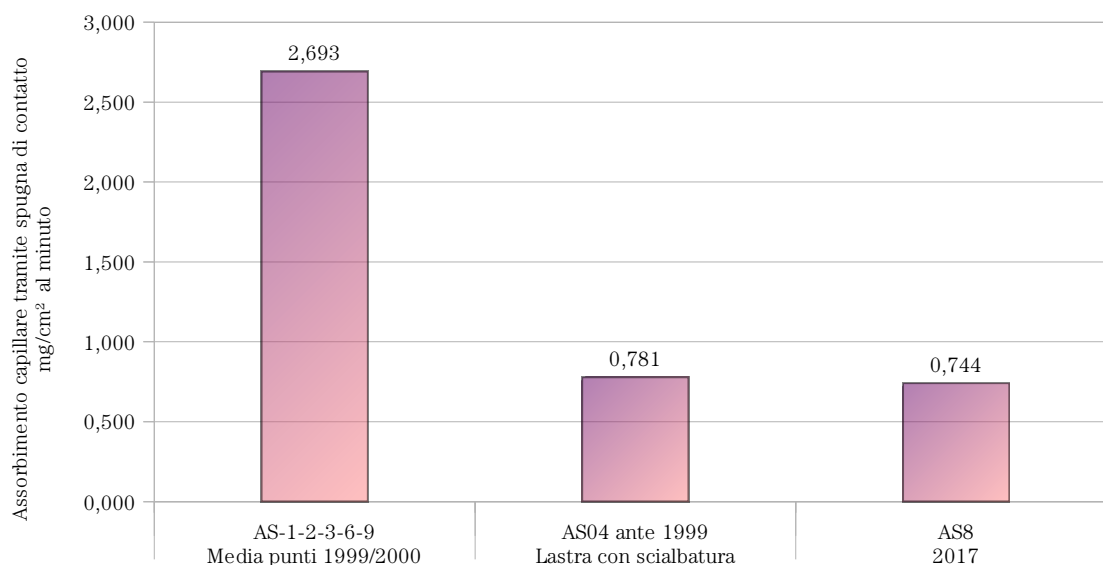


Grafico 7: *Serpentini* - Assorbimenti capillari tramite spugna di contatto in mg/cm² al minuto, confronto medie punti trattamento 1999/2000, elemento AS04 con scialbatura e trattamenti 2017.

5.5.3 Lettura dei risultati per le Arenarie

Sui due complessi monumentali presi in esame i trattamenti sulle arenarie risultano quelli maggiormente differenziati per tipologia. Negli interventi 1999-2000 infatti non vennero applicati trattamenti protettivi idrorepellenti, ma vennero effettuati solo trattamenti con silicato di etile. In ogni caso, come si diceva in precedenza, si può assumere



Fig.1. 31: *Basamento di una colonna in pietra serena del campanile*

che a distanza di quasi 20 anni, l'efficacia dei trattamenti sia azzerata e che quindi la presenza di differenti tipologie di trattamento sia ininfluente per l'obiettivo della ricerca. Il valore medio delle misurazioni degli anni 1999-2002, pari, come vedremo, a

8,106 mg/cm² al minuto, è stato quindi assunto come dato di efficacia dei trattamenti pari allo 0% per le conclusioni di questo capitolo.



Fig.1. 32: Colonne in pietra serena del primo ordine loggiato del campanile

La ricostruzione del quadro dei trattamenti delle arenarie sui due complessi monumentali, può essere riassunta come segue:

Punto prova	Anno di trattamento	Prodotto individuato	Campioni patine ⁷⁴
AA01	1999	Silicato di etile	--
AA02	1999	Silicato di etile	--
AA03	1999	Silicato di etile	--
AA04	0	Scialbatura	--
AA05	2000	Silicato di etile	P12
AA06	2017	Esaffluoropropene-fluoruro di vinilidene	P14
AA07	2014	Polimetilsilossani	
AA08	2014	Polimetilsilossani	P17

⁷⁴ Si rimanda all'Appendice B per i risultati delle spettrometrie FT-IR delle patine.



Fig.1. 33: Colonna della facciata della Cattedrale e arcata dell'antica facciata della Cattedrale nell'ambiente del sovrapportico

Le arenarie sono il tipo litologico che ha mostrato maggiore escursione tra i dati di assorbimento trattato/non trattato; le prove di assorbimento con spugna di contatto questo litotipo hanno restituito dati compresi in un range tra 0,669 e 11,565 mg/cm² al minuto⁷⁵. Gli assorbimenti mostrano notevoli differenze nelle lastre il cui ultimo trattamento risale agli anni 1999/2000 e quelle con i trattamenti più recenti. Anche sull'arenaria, per valutare quanto la grana superficiale della pietra potesse influire sulla misura dell'assorbimento capillare, sono state individuate due lastre: AA05 Lato 6 Sud-Ovest e AA09 Lato 7 Sud del Battistero, con stesso anno di trattamento, su cui comparare i risultati. La comparazione visiva delle lastre è riportata in Fig.1. 34.

La lastra AA05 mostra una grana piuttosto compatta, non ha un elevato stato di degrado salvo evidenti depositi superficiali, qualche accenno di patine biologiche e

⁷⁵ Si rimanda alle tabelle in appendice al presente capitolo per i dati relativi alla condizione climatica della conduzione della prova.

apparenti e localizzate alterazioni cromatiche; mostra ancora segni di lavorazione. La lastra AA09 mostra una grana più grossa rispetto alla prima; sono presenti localizzate patine biologiche, localizzati depositi superficiali e localizzati dilavamenti. I risultati di assorbimento delle due lastre sono risultati sensibilmente differenti e sono riportati nel grafico sottostante, Grafico 8.



Fig.1. 34: Comparazione lastre in arenaria, inquadramento e ingrandimento, AA05 (sopra) e AA09 (sotto), anno trattamento 2000.

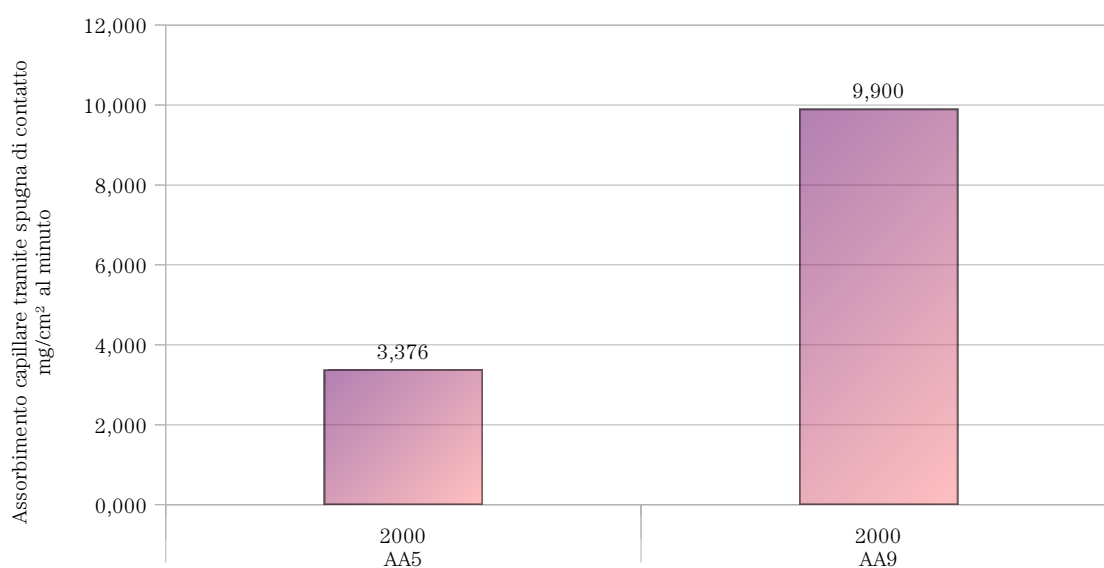


Grafico 8: Comparazione dati di assorbimento lastre AA05 e AA09

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Allo stesso modo sul Lato 2 (anno trattamento 2014) sono state comparate i punti AA07 e AA08. La comparazione visiva delle lastre è riportata in Fig.1. 35.

Dato il forte scarto dei risultati, nella valutazione complessiva dei trattamenti si è quindi cercato di selezionare lastre che avessero caratteristiche simili alla lastra in migliore stato, ritenendo che queste fossero quelle che potevano dare risultati più attendibili in termini di efficacia del trattamento idrorepellente; il fronte su cui non è stato possibile trovare una lastra in buone condizioni è stato il prospetto della cattedrale (punto AA03), che effettivamente ha restituito dati di assorbimento molto alti. La lastra AA06, invece, sul Lato 4, pur non essendo in buone condizioni, ha comunque restituito i più bassi valori di assorbimento. È la lastra che appartiene all'ultimo intervento di restauro sul Battistero (trattamento 2017), zona basamentale, con trattamento anti-scrittura con Fluoline HY (esafluoropropene-fluoruro di vinilidene).



Fig.1. 35: Comparazione lastre in arenaria, inquadramento e ingrandimento, AA07 (sopra) e AA08 (sotto), anno trattamento 2014

Il quadro generale delle misurazioni per le arenarie è riportato nel Grafico 9 in cui è evidenziato il dato relativo alla lastra AA04 che è l'unica sulla quale sono state rilevate tracce di scialbatura. Sono evidenziati anche i valori medi delle misurazioni relative ai punti con trattamento 1999/2002 e a quelli con trattamento 2014. Questi ultimi sono riportati nel Grafico 10 assieme al valore di assorbimento del punto AA06, anno di trattamento 2017. Appare evidente la differenza di assorbimento nei punti con

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

trattamento più lontano nel tempo rispetto a quello con trattamento più recente. Infine, anche nel caso delle arenarie è interessante un confronto tra gli assorbimenti e le parti scialbate anche se in questo caso meno significativamente di quanto avviene per il marmo dato che non sono state rinvenute arenarie con scialbature in esterno.

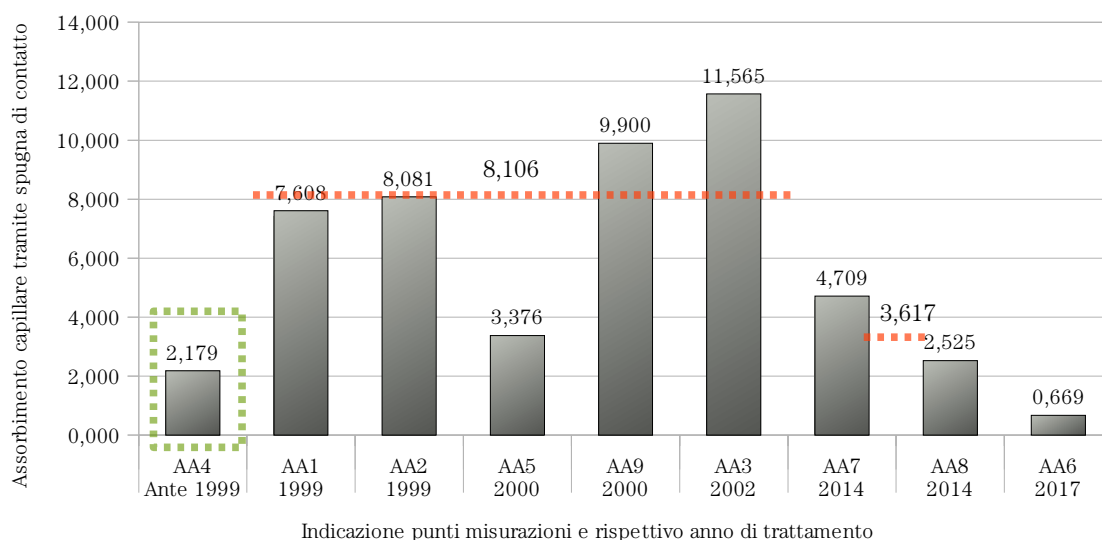


Grafico 9: Arenarie: assorbimenti capillari tramite spugna di contatto, in mg/cm² al minuto, indicazione dei punti di misurazione e rispettivo anno di trattamento.

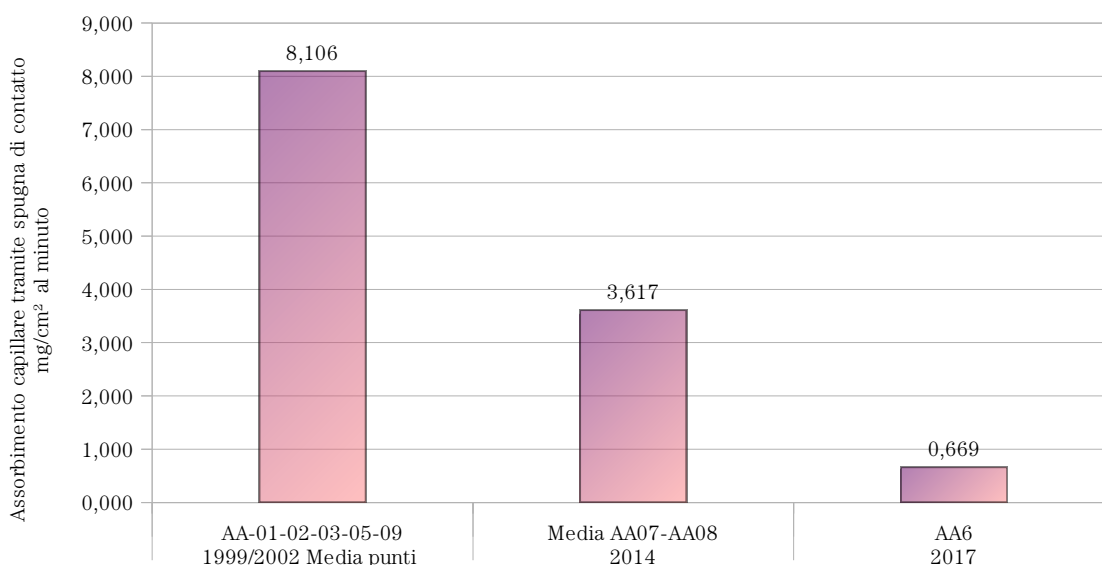


Grafico 10: Arenarie - Assorbimenti capillari tramite spugna di contatto in mg/cm² al minuto, confronto medie punti trattamento 1999/2000, media punti trattamento 2014 e trattamento 2017

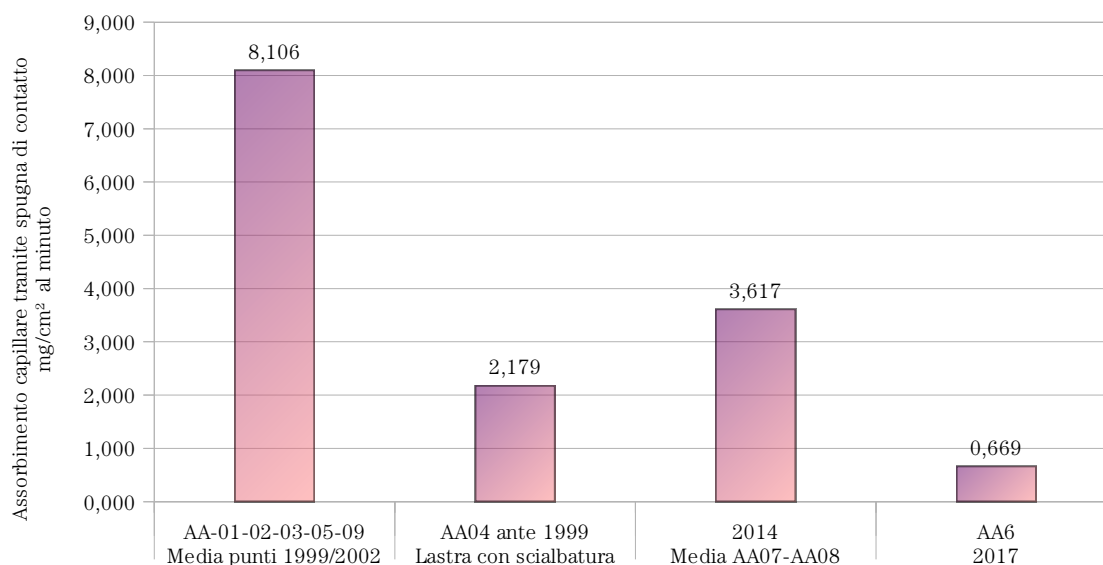


Grafico 11: Arenarie - Assorbimenti capillari tramite spugna di contatto in mg/cm² al minuto, confronto medie punti trattamento 1999/2002, elemento AA04 con scialbatura, medie punti trattamento 2014 e trattamento 2017

5.6 Conclusioni

La sperimentazione in situ, articolata su più zone, periodi e tipi litologici, ha permesso di valutare, come risulta dai paragrafi precedenti, come i vari litotipi con epoche di trattamento differenti, rispondano in termini di assorbimento capillare d'acqua tramite spugna di contatto. Per tutti e tre i litotipi, marmi, serpentini e arenarie, è possibile leggere come le zone in cui i trattamenti idrorepellenti sono stati applicati da circa 20 anni, restituiscano valori di assorbimento sensibilmente più alti delle zone con trattamenti idrorepellenti applicati più di recente, 2014 e 2017; anche i dati relativi alle zone trattate in questi due anni più vicini a noi, differiscono tra loro in maniera piuttosto significativa. Il quadro generale di queste letture può essere riassunto nel sottostante Grafico 13 che riporta i valori di assorbimento dei tre



Grafico 12: Capitelli di sostituzione ottocentesca nel campanile della Cattedrale

litotipi raggruppati per 'anno' di trattamento. Nel confronto tra i tre tipi di pietre prese in esame, ciascuna con il proprio trattamento (marmi bianchi: polimetilsilossani; serpentini; esafluoropropene-fluoruro di vinilidene; arenarie: polimetilsilossani e esafluoropropene-fluoruro di vinilidene) si nota come risultino fortemente abbattuti gli assorbimenti per marmi e arenarie in presenza di trattamenti recenti, mentre meno apprezzabile sia l'abbattimento dell'assorbimento capillare d'acqua dei serpentini.

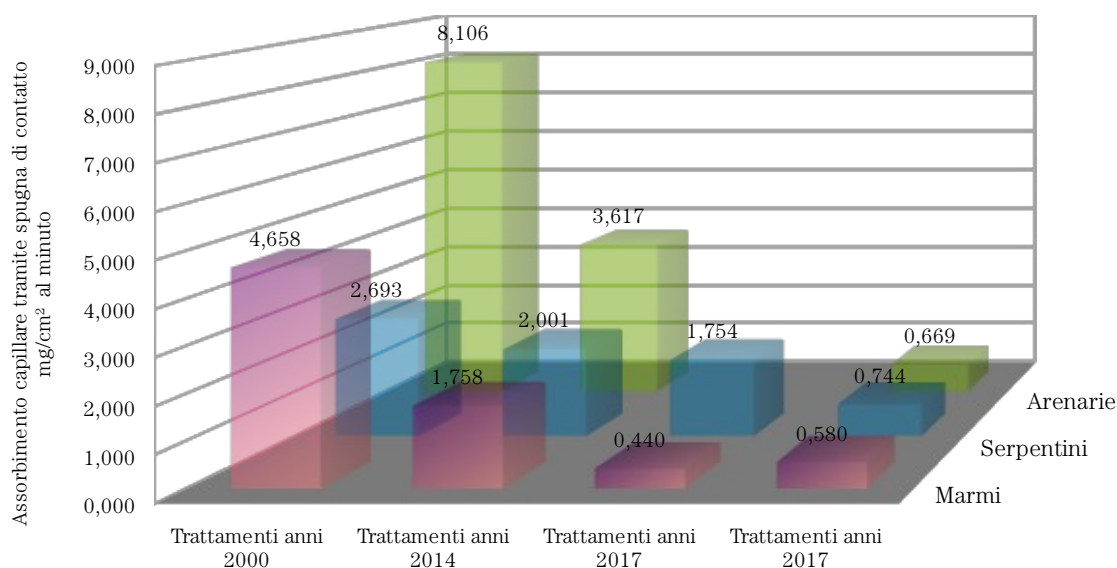


Grafico 13: Assorbimenti capillari tramite spugna di contatto in mg/cm² al minuto, confronto medie punti trattamento 1999/2002, medie punti trattamento 2014 e trattamenti 2017 per marmi bianchi, serpentini, arenarie

La letteratura sui diversi tipi di trattamenti idrorepellenti (si veda il Capitolo 3), permette di ritenere che l'efficacia di trattamenti eseguiti a 18 anni di distanza sia pari a zero. I valori di assorbimento dei vari materiali visti nei paragrafi precedenti e relativi ai appunto a trattamenti eseguiti negli anni 1999/2000, (4,658 mg/cm² al minuto per i marmi, 2,593 mg/cm² al minuto, per i serpentini, 8,106 mg/cm² al minuto per le arenarie), possono essere assunti come dati di efficacia dei trattamenti pari allo 0%. In analogia agli studi condotti da Pinto, Delgado, Rodrigues, Bracci e Sacchi, (Ferreira Pinto & Delgado Rodrigues, 2000; Ferreira Pinto, Delgado Rodrigues, Bracci, & Sacchi, 2008), visti nel Capitolo 3, si rilevano le seguenti percentuali di abbattimento dei valori di assorbimento capillare d'acqua.

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

		18 anni	4 anni	1 anno
Marmi Bianchi	Assorbimenti	4,658	1,758	0,440
	Abbattimento	0,00%	65,04%	94,63%
Serpentini	Assorbimenti	2,693	2,001	0,744
	Abbattimento	0,00%	27,73%	78,19%
Arenarie	Assorbimenti	8,106	3,617	0,669
	Abbattimento	0,00%	56,78%	94,07%

Nei grafici sottostanti i valori di assorbimento e gli abbattimenti sono messi in relazione per i singoli tipi litologici. I grafici mostrano scostamenti di efficacia del trattamento di circa il 30% (29,58%) in tre anni (trattamento 2017 - trattamento 2014) per i marmi bianchi, di oltre il 50% (50,47%) per i serpentini e di circa il 38% (37,29%) per le arenarie. Queste considerazioni saranno riprese nelle conclusioni della tesi.

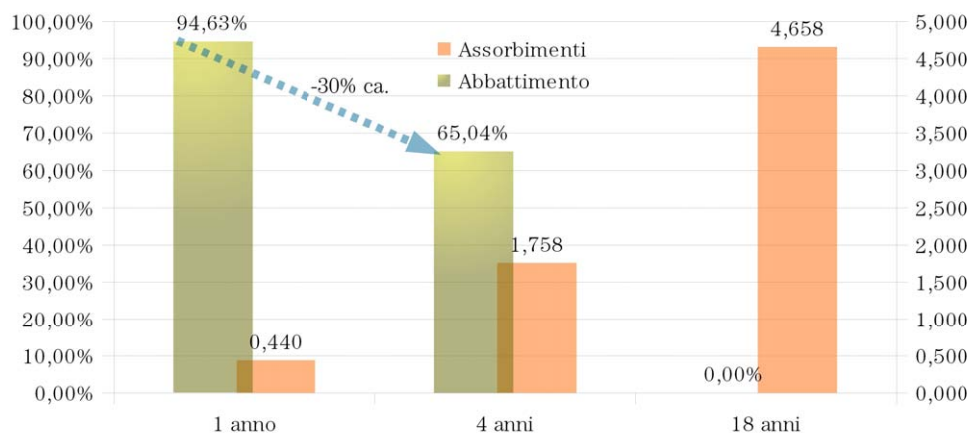


Grafico 14: Confronti assorbimenti e percentuali di abbattimento per anno di trattamento, Marmi bianchi

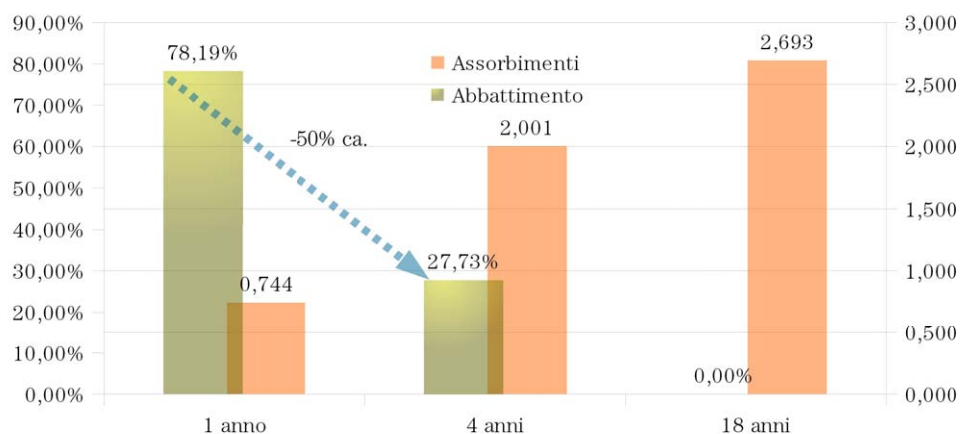


Grafico 15: Confronti assorbimenti e percentuali di abbattimento per anno di trattamento, Serpentini

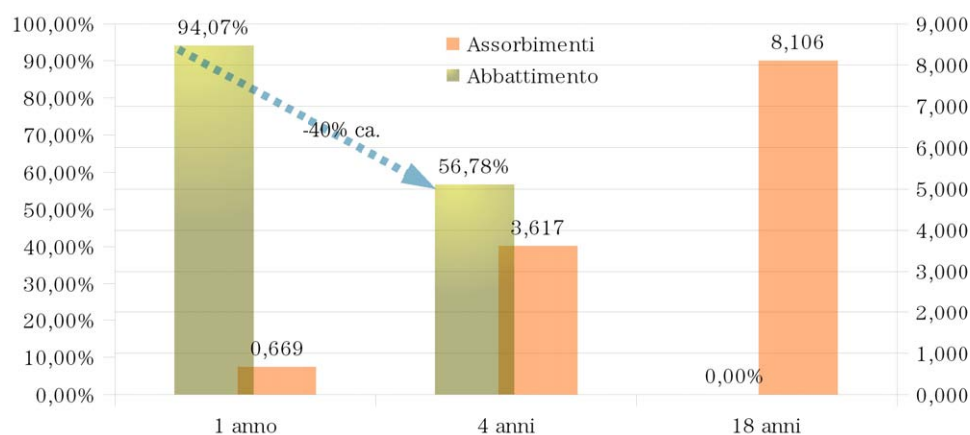


Grafico 16: Confronti assorbimenti e percentuali di abbattimento per anno di trattamento, Arenarie

5.7 Considerazioni aggiuntive sullo stato di conservazione dei due complessi monumentali

Dal punto di vista della conservazione programmata si è verificato su questo caso (in particolare il Battistero) che le scelte di programmazione sono fatte ancora sempre a valle di fenomeni di degrado già re-innescati (Lati 1 e 2 intervento 2014 e Lati 3 e 4 intervento 2017, anche con forti presenze di vegetazione, e Lato 8 intervento 2018 forti presenze di patine biologiche e depositi). L'ultimo intervento (2018) si è inoltre spostato, dalla fase di progetto e approvazione, alla fase di esecuzione, dal fronte Sud-Ovest al fronte Sud-Est.

È da osservare, nell'inquadramento di un piano di manutenzione per le tre fabbriche, che il degrado che si è maggiormente ripresentato sui lati nord del battistero, mostrando evidentemente che su quel lato le condizioni climatiche locali siano profondamente differenti rispetto agli fronti, che con stesse anzianità di trattamento presentano patine ma non eccessiva proliferazione di vegetazione. Il degrado per depositi, patine o vegetazione è inoltre ancora quasi del tutto assente sul campanile anche nei lati nord.

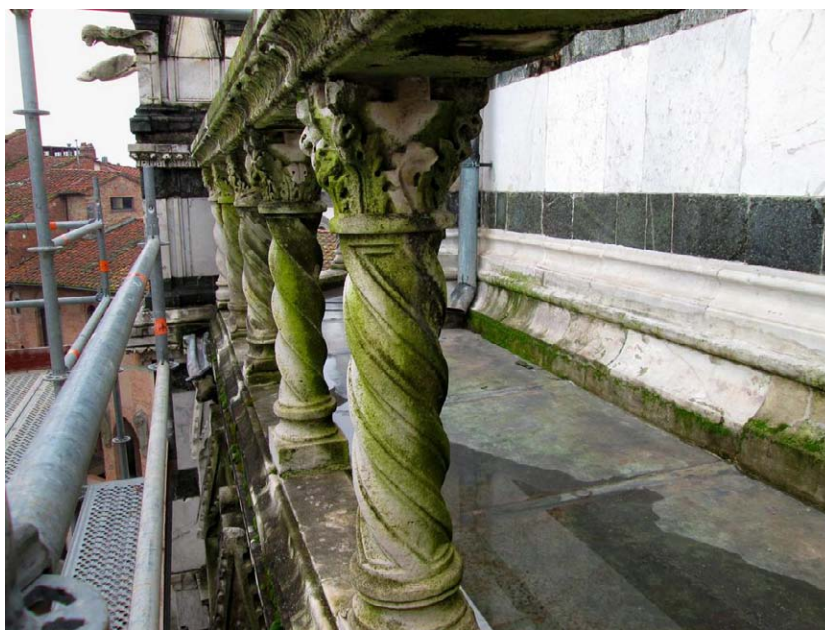


Fig.1. 36: Documentazione fotografica degrado prima dei restauri al Battistero anno 2014. Lato Nord-Est. Per cortesia della Dott.ssa Maria Josè Ybanez Worboys



Fig.1. 37: Degrado anno 2018 Livello archeggiature, lato Sud-Est

5.8 Battistero di San Giovanni in Corte in Pistoia Ipotesi mantenimento punto di monitoraggio

A conclusione del monitoraggio degli interventi di restauro che hanno interessato dal 2000 a oggi il Battistero di San Giovanni in Corte in Pistoia si è proposto alla Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio, di mantenere un punto di controllo dell'efficacia degli ultimi trattamenti nella parte basamentale del prospetto Sud-Ovest, interessato da nuovi lavori di restauro (in corso nel momento in cui si scrive).

L'intervento in corso, è l'occasione per lasciare per ciascuno dei tre tipi litologici indagati: marmo bianco, serpentino, arenaria, una lastra di monitoraggio; ciascuna lastra, collocata nella parte basamentale del prospetto e raggiungibile senza bisogno di ponteggi, sarà trattata con i protettivi previsti in progetto solo per metà. In tal modo, nei prossimi anni, a cadenza da stabilire (probabilmente annuale), potrà essere agevolmente monitorata l'efficacia dei trattamenti col solo raffronto delle due parti

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

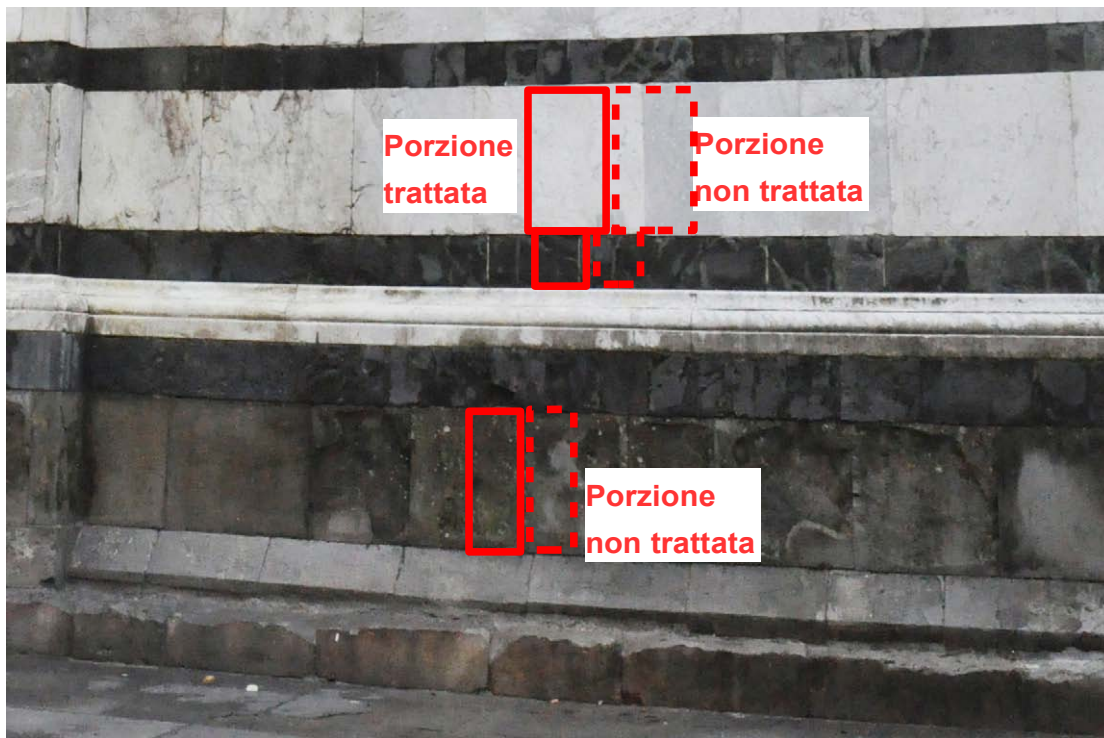
(trattata /non trattata) tramite il metodo della spugna di contatto, e confrontata con l'efficacia iniziale a intervento concluso.



Prospecto Sud-Ovest



Ipotesi collocazione punti di controllo



Ipotesi collocazione punti di controllo

Appendice al Capitolo 5 - Misurazioni in situ tramite il metodo della spugna di contatto

In questa sezione vengono riportate le misurazioni rilevate in situ per i marmi bianchi, i serpentini e le arenarie del complesso del caso studio di cui si è parlato in questo capitolo. Le tabelle che seguono riportano l'interezza dai dati rilevati durante la prova, compresi i dati ambientali: temperatura ambiente e umidità relativa, temperatura di contatto e umidità a contatto degli elementi su cui sono state effettuate le prove. Sono riportati inoltre, laddove è stato possibile rilevarli, l'estensione dell'impronta della spugnetta sulla pietra e il tempo per l'asciugatura dell'impronta a vista.

NOTA ALLA LETTURA DELLE TABELLE

ΔP = perdita di peso in grammi

TA = Temperatura ambiente in $^{\circ}C$

TC = Temperatura di contatto in $^{\circ}C$

HR = Umidità ambiente %

HRC = Umidità di contatto

T = tempo di contatto in minuti

$Diam.$ =

Ta =

Marmi Apuani

Tabella A-AMI – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AMI

Punto AMI	Marmo Bianco ? Travertino ?			Posizione: Torre Campanaria			Esposizione:	N-O
Prova	ΔP	TA	TC	HR	$HRC\%$	t	Diam.	Ta
1	0,086 g	25,8 °	24,6 °	62,55%	0,9	3 '	7,2-7,4	-
2	0,073 g	25,8 °	24,6 °	62,55%	0,9	3 '	6,8	-
3	0,112 g	25,8 °	24,6 °	62,55%	0,9	3 '	7,8	-

Tabella B-AMI – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AMI

Punto AMI	ΔP_1	Wa_1	DP_2	Wa_2	DP_3	Wa_3	DP_m	Wa_m	Anno intervento
	0,086 g	1,20651	0,073 g	1,02413	0,112 g	1,57127	0,090 g	1,26730	1999

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Tabella A-AM2 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM2

Punto AM2 : Marmo Bianco – Colonna				Posizione: Torre Campanaria			Esposizione:	N-O
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,078 g	26,1 °	25,2 °	57,03%	0,9	3'	7,0	5'
2	0,107 g	26,1 °	25,2 °	57,03%	0,9	3'	7,2	5'
3	0,083 g	26,1 °	25,2 °	57,03%	0,9	3'	7,1	5'

Tabella B-AM2 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM2

Punto AM2	ΔP_1	W _{a1}	DP ₂	W _{a2}	DP ₃	W _{a3}	DP _m	W _{am}
	0,078 g	1,09428	0,107 g	1,50112	0,083 g	1,16442	0,089 g	1,25327

Anno intervento **1999**

Tabella A-AM3 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM3

Punto AM3 : Marmo Bianco ? Travertino ?				Posizione: Torre Campanaria			Esposizione:	S-O
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,276 g	26,7 °	26,6 °	54,00%	0,9	3'	7,7	-
2	0,277 g	26,7 °	26,6 °	54,00%	0,9	3'	8,0	-
3	0,182 g	26,7 °	26,6 °	54,00%	0,9	3'	8,1	-

Tabella B-AM3 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM3

Punto AM3	ΔP_1	W _{a1}	DP ₂	W _{a2}	DP ₃	W _{a3}	DP _m	W _{am}
	0,276 g	3,87205	0,277 g	3,88608	0,182 g	2,55331	0,245 g	3,43715

Anno intervento **1999**

Tabella A-AM4 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM4

Punto AM4 : Marmo Bianco – Colonna				Posizione: Torre Campanaria			Esposizione:	S-O
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,118 g	28,2 °	27,0 °	47,13%	1,1	3'	6,4	-
2	0,150 g	28,2 °	27,0 °	47,13%	1,1	3'	6,4	-
3	0,131 g	28,2 °	27,0 °	47,13%	1,1	3'	6,4	-

Tabella B-AM4 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM4

Punto AM4	ΔP_1	W _{a1}	DP ₂	W _{a2}	DP ₃	W _{a3}	DP _m	W _{am}
	0,118 g	1,65544	0,150 g	2,10438	0,131 g	1,83782	0,133 g	1,86588

Anno intervento **1999**

Tabella A-AM5 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM5

Punto AM5 : Marmo Bianco				Posizione: Fianco Cattedrale			Esposizione:	N-O
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,226 g	33,0 °	28,6 °	38,00%	0,9	3'	no alone	-
2	0,422 g	33,0 °	28,6 °	38,00%	0,9	3'	no alone	-
3	0,421 g	33,0 °	28,6 °	38,00%	0,9	3'	no alone	-

Tabella B-AM5 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM5

Punto AM5	ΔP_1	W _{a1}	DP ₂	W _{a2}	DP ₃	W _{a3}	DP _m	W _{am}
	0,226 g	3,17059	0,422 g	5,92031	0,421 g	5,90629	0,356 g	4,99906

Anno intervento **2000**

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Tabella A-AM6 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM6

Punto AM6 : Marmo Bianco				Posizione: Cattedrale Controfacciata			Esposizione: S-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,064 g	29,5 °	28,2 °	43,1 °	1,3	3 '	6,1	3 '
2	0,055 g	29,5 °	28,2 °	43,1 °	1,3	3 '	6,1	3 '
3	0,063 g	29,5 °	28,2 °	43,1 °	1,3	3 '	6,6	3 '

Tabella B-AM6 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM6

Punto AM6								Anno intervento	0
ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m		
0,064 g	0,89787	0,055 g	0,77160	0,063 g	0,88384	0,061 g	0,85110		

Tabella A-AM7 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM7 ≡ con M4

Punto AM7 : Marmo Bianco				Posizione: Battistero Lato 2			Esposizione: N-E	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,417 g	33,6 °	31,1 °	36,4 °	0,3-0,4	3 '	8,8	10 '
2	0,432 g	33,6 °	31,1 °	36,4 °	0,3-0,4	3 '	8,2	10 '
3	0,421 g	33,6 °	31,1 °	36,4 °	0,3-0,4	3 '	8,8	10 '

Tabella B-AM7 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM7

Punto AM7								Anno intervento	2014
ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m		
0,417 g	5,85017	0,432 g	6,06061	0,421 g	5,90629	0,423 g	5,93902		

Tabella A-AM7 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM7 ≡ con M4 - seconda misurazione

Punto AM7 : Marmo Bianco				Posizione: Battistero Lato 2			Esposizione: N-E	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,460 g	30,7 °	32,4 °	54,1 °	0,5-0,6	3 '	8,6-9,4	5 '
2	0,496 g	30,7 °	32,4 °	54,1 °	0,5-0,6	3 '	8,5	5 '
3	0,322 g	30,7 °	32,4 °	54,1 °	0,5-0,6	3 '	6,5	5 '

Tabella B-AM7 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM7

Punto AM7								Anno intervento	2014
ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m		
0,460 g	6,45342	0,496 g	6,95847	0,322 g	4,51740	0,426 g	5,97643		

Tabella A-AM8 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM8 ≡ con M1

Punto AM8 : Marmo Bianco				Posizione: Battistero Lato 7			Esposizione: S	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,111 g	29,9 °	30,8 °	57,9 °	0,8-0,9	3 '	6,9	3'-5'
2	0,113 g	29,9 °	30,8 °	57,9 °	0,8-0,9	3 '	7,4	3'-5'
3	0,107 g	29,9 °	30,8 °	57,9 °	0,8-0,9	3 '	8,0	3'-5'

Tabella B-AM8 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM8

Punto AM8								Anno intervento	2000
ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m		
0,111 g	1,55724	0,113 g	1,58530	0,107 g	1,50112	0,110 g	1,54789		

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Tabella A-AM9 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM9

Punto AM9 : Marmo Bianco				Posizione: Battistero Pinnacolo 5c-6		Esposizione: N		
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,296 g	33,9 °	33,6 °	46,3 °	0,6-0,8	3 '	6,4	3 '
2	0,291 g	33,9 °	33,6 °	46,3 °	0,6-0,8	3 '	6,5	3 '
3	0,336 g	33,9 °	33,6 °	46,3 °	0,6-0,8	3 '	7,6	3 '

Tabella B-AM9 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM9

Punto AM9	ΔP_1	W _{a1}	DP ₂	W _{a2}	DP ₃	W _{a3}	DP _m	W _{am}	Anno intervento	2000
	0,296 g	4,15264	0,291 g	4,08249	0,336 g	4,71380	0,308 g	4,31631		

Tabella A-AM10 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM10

Punto AM10 : Marmo Bianco				Posizione: Battistero Balaustra Lato 5		Esposizione: O		
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,140 g	36,3 °	33,2 °	40,1 °	0,5	3 '	6,8	1'-3'
2	0,153 g	36,3 °	33,2 °	40,1 °	0,5	3 '	7,2	1'-3'
3	0,132 g	36,3 °	33,2 °	40,1 °	0,5	3 '	7,5	1'-3'

Tabella B-AM10 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM10

Punto AM10	ΔP_1	W _{a1}	DP ₂	W _{a2}	DP ₃	W _{a3}	DP _m	W _{am}	Anno intervento	2000
	0,140 g	1,96409	0,153 g	2,14646	0,132 g	1,85185	0,142 g	1,98747		

Tabella A-AM11 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM11

Punto AM11 : Marmo Bianco				Posizione: Battistero Pinnacolo 4-5 ^a		Esposizione: N-E		
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,031 g	35,1 °	33,1 °	43,6 °	0,6-0,8	3 '	non visibile	n determinab
2	0,040 g	35,1 °	33,1 °	43,6 °	0,6-0,8	3 '	non visibile	n determinab
3	0,023 g	35,1 °	33,1 °	43,6 °	0,6-0,8	3 '	non visibile	n determinab

Tabella B-AM11 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM11

Punto AM11	ΔP_1	W _{a1}	DP ₂	W _{a2}	DP ₃	W _{a3}	DP _m	W _{am}	Anno intervento	2017
	0,031 g	0,43490	0,040 g	0,56117	0,023 g	0,32267	0,031 g	0,43958		

Tabella A-AM12 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM12

Punto AM12 : Marmo Bianco				Posizione: Battistero Balaustra Lato 4		Esposizione: N-O		
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,132 g	34,5 °	32,3 °	44,4 °	0,5-0,6	3 '	riato poco visin	determinab
2	0,094 g	34,5 °	32,3 °	44,4 °	0,5-0,6	3 '	riato poco visin	determinab
3	0,083 g	34,5 °	32,3 °	44,4 °	0,5-0,6	3 '	riato poco visin	determinab

Tabella B-AM12 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM12

Punto AM12	ΔP_1	W _{a1}	DP ₂	W _{a2}	DP ₃	W _{a3}	DP _m	W _{am}	Anno intervento	2017
	0,132 g	1,85185	0,094 g	1,31874	0,083 g	1,16442	0,103 g	1,44501		

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Tabella A-AM13 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM13

Punto AM13 : Marmo Bianco			Posizione: Battistero Lato 4				Esposizione: N-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,048 g	33,5 °	34,8 °	41,4 °	0,1	3 '	non visibile	n determinab
2	0,041 g	33,5 °	34,8 °	41,4 °	0,1	3 '	non visibile	n determinab
3	0,035 g	33,5 °	34,8 °	41,4 °	0,1	3 '	non visibile	n determinab

Tabella B-AM13 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM13

								Anno intervento	2017
Punto AM13	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	
	0,048 g	0,67340	0,041 g	0,57520	0,035 g	0,49102	0,041 g	0,57987	

Tabella A-AM14 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM14

Punto AM14 : Marmo Bianco			Posizione: Battistero Lato 2				Esposizione: N-E	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,104 g	30,6 °	32,4 °	51,5 °	0,5-0,6	3 '	7,1	'-5' resta alon
2	0,125 g	30,6 °	32,4 °	51,5 °	0,5-0,6	3 '	7,2	'-5' resta alon
3	0,147 g	30,6 °	32,4 °	51,5 °	0,5-0,6	3 '	7,5	'-5' resta alon

Tabella B-AM14 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AM14

								Anno intervento	2014
Punto AM14	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	
	0,104 g	1,45903	0,125 g	1,75365	0,147 g	2,06229	0,125 g	1,75832	

Serpentini

Tabella A-AS1 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS1

Punto AS1 : Serpentino			Posizione: Torre Campanaria				Esposizione: N-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam.	Ta
1	0,115 g	25,6 °	25,3 °	61,90%	1,6	3 '	5,8	5-10
2	0,132 g	25,6 °	25,3 °	61,90%	1,6	3 '	5,8	5-10
3	0,065 g	25,6 °	25,3 °	61,90%	1,6	3 '	5,8	5-10

Tabella B-AS1 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS1

								Anno intervento	1999
Punto AS1	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	
	0,115 g	1,61336	0,132 g	1,85185	0,065 g	0,91190	0,104 g	1,45903	

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Tabella A-AS2 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS2

Punto AS2	Serpentino			Posizione: Torre Campanaria Lato			Esposizione: S-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,260 g	27,6 °	27,7 °	50,09%	1,5	3'	5,7	-
2	0,152 g	27,6 °	27,7 °	50,09%	1,5	3'	5,5	-
3	0,287 g	27,6 °	27,7 °	50,09%	1,5	3'	5,6	-

Tabella B-AS2 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS2

Punto AS2	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
	0,260 g	3,64759	0,152 g	2,13244	0,287 g	4,02637	0,233 g	3,26880

Anno intervento **1999**

Tabella A-AS3 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS3

Punto AS3	Serpentino			Posizione: Fianco Cattedrale			Esposizione: N-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,142 g	29,5 °	29,4 °	40,33%	0,9-1,0	3'	No alone	orazione imme
2	0,092 g	29,5 °	29,4 °	40,33%	0,9-1,0	3'	No alone	orazione imme
3	0,087 g	29,5 °	29,4 °	40,33%	0,9-1,0	3'	No alone	orazione imme

Tabella B-AS3 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS3

Punto AS3	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
	0,142 g	1,99214	0,092 g	1,29068	0,087 g	1,22054	0,107 g	1,50112

Anno intervento **1999**

Tabella A-AS4 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS4

Punto AS4	Serpentino			Posizione: Cattedrale Controfacciata			Esposizione: S-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,060 g	29,9 °	28,2 °	44,00%	1,3	3'	6,0	5'
2	0,065 g	29,9 °	28,2 °	41,80%	1,3	3'	6,0	3-6
3	0,042 g	29,9 °	28,2 °	41,80%	1,3	3'	6,0	3-6

Tabella B-AS4 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS4

Punto AS4	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
	0,060 g	0,84175	0,065 g	0,91190	0,042 g	0,58923	0,056 g	0,78096

Anno intervento **0**

Tabella A-AS5 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS5 ≡ con V2

Punto AS5	Serpentino			Posizione: Battistero Lato 2			Esposizione: N-E	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,139 g	33,5 °	33,1 °	37,14%	1,3	3'	5,8	1'
2	0,124 g	33,5 °	33,1 °	37,14%	1,3	3'	5,8	1'
3	0,135 g	33,5 °	33,1 °	37,14%	1,3	3'	5,8	1'

Tabella B-AS5 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS5

Punto AS5	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
	0,139 g	1,95006	0,124 g	1,73962	0,135 g	1,89394	0,133 g	1,86120

Anno intervento **2014**

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Tabella A-AS5 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS5 ≡ con V2

Punto AS5 : Serpentino			Posizione: Battistero Lato 2				Esposizione: N-E	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,167 g	31,0 °	32,8 °	51,45%	1,1	3 '	5,8	30 sec
2	0,139 g	31,0 °	32,8 °	51,45%	1,1	3 '	5,8	30 sec
3	0,152 g	31,0 °	32,8 °	51,45%	1,1	3 '	5,8	30 sec

Tabella B-AS5 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS5

Anno intervento **2014**

Punto AS5	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
	0,167 g	2,34287	0,139 g	1,95006	0,152 g	2,13244	0,153 g	2,14179

Tabella A-AS6 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS6

Punto AS6 : Serpentino			Posizione: Battistero Pinnacolo 5c-6				Esposizione: E	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,221 g	35,2 °	36,4 °	40,41%	0,8	3 '	6,0	3-5
2	0,118 g	35,2 °	36,4 °	40,41%	0,8	3 '	6,2	3 '
3	0,152 g	35,2 °	36,4 °	40,41%	0,8	3 '	6,1	3 '

Tabella B-AS6 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS6

Anno intervento **2000**

Punto AS6	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
	0,221 g	3,10045	0,118 g	1,65544	0,152 g	2,13244	0,164 g	2,29611

Tabella A-AS7 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS7

Punto AS7 : Serpentino			Posizione: Battistero Pinnacolo 4-3				Esposizione: S-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,142 g	34,7 °	34,2 °	39,62%	0,8	3 '	6,0	immediato
2	0,106 g	34,7 °	34,2 °	39,62%	0,8	3 '	5,9	immediato
3	0,127 g	34,7 °	34,2 °	39,62%	0,8	3 '	5,8	immediato

Tabella B-AS7 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS7

Anno intervento **2017**

Punto AS7	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
	0,142 g	1,99214	0,106 g	1,48709	0,127 g	1,78171	0,125 g	1,75365

Tabella A-AS8 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS8 ≡ con M3 - seconda misurazione

Punto AS8 : Serpentino			Posizione: Battistero Lato 4				Esposizione: N-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,051 g	34,0 °	35,0 °	55,66%	0,8-1	3 '	non visibile	-
2	0,062 g	34,0 °	35,0 °	55,66%	0,8-1	3 '	non visibile	-
3	0,046 g	34,0 °	35,0 °	55,66%	0,8-1	3 '	5,8	immediato

Tabella B-AS8 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS8

Anno intervento **2017**

Punto AS8	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
	0,051 g	0,71549	0,062 g	0,86981	0,046 g	0,64534	0,053 g	0,74355

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Tabella A-AS9 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS9

Punto AS9 : Serpentino			Posizione: Battistero Lato 7				Esposizione: S	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,420 g	31,7 °	34,6 °	48,40%	1,3	3 '	6,4	3-4
2	0,255 g	31,7 °	34,6 °	48,40%	1,3	3 '	6,1	3-4
3	0,381 g	31,7 °	34,6 °	48,40%	1,3	3 '	6,3	3-4

Tabella B-AS9 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AS9

								Anno intervento	2000
Punto AS9	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	
	0,420 g	5,89226	0,255 g	3,57744	0,381 g	5,34512	0,352 g	4,93827	

Arenarie

Tabella A-AA1 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA1

Punto AA1 : Arenaria			Posizione: Torre Campanaria				Esposizione: N-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam.	Ta
1	0,611 g	25,3 °	24,9 °	63,15%	1,6	3 '	6,5	15 '
2	0,400 g	25,3 °	24,9 °	63,15%	1,6	3 '	6,5	15 '
3	0,616 g	25,3 °	24,9 °	63,15%	1,6	3 '	6,5	15 '

Tabella B-AA1 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA1

								Anno intervento	1999
Punto AA1	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	
	0,611 g	8,57183	0,400 g	5,61167	0,616 g	8,64198	0,542 g	7,60849	

Tabella A-AA2 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA2

Punto AA2 : Arenaria			Posizione: Torre Campanaria Lato				Esposizione: S-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,621 g	27,0 °	27,4 °	54,50%	1,2	3 '	6,6	20 '
2	0,570 g	27,0 °	27,4 °	54,50%	1,2	3 '	6,8	20 '
3	0,537 g	27,0 °	27,4 °	54,50%	1,2	3 '	6,7	20 '

Tabella B-AA2 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA2

								Anno intervento	1999
Punto AA2	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	
	0,621 g	8,71212	0,570 g	7,99663	0,537 g	7,53367	0,576 g	8,08081	

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Tabella A-AA3 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA3

Punto AA3 : Arenaria			Posizione: Fianco Cattedrale				Esposizione: N-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	1,202 g	32,5 °	29,5 °	38,77%	1,3-1,4	3 '	6,9	30 '
2	0,672 g	32,5 °	29,5 °	38,77%	1,3-1,4	3 '	6,8	30 '
3	0,599 g	32,5 °	29,5 °	38,77%	1,3-1,4	3 '	6,8	30 '

Tabella B-AA3 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA3

Punto AA3	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	Anno intervento
	1,202 g	16,86308	0,672 g	9,42761	0,599 g	8,40348	0,824 g	11,56472	2002

Tabella A-AA4 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA4

Punto AA4 : Arenaria			Posizione: Cattedrale Controfacciata				Esposizione: S-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,156 g	29,9 °	28,2 °	42,10%	1,4	3 '	6,1	-
2	0,146 g	29,9 °	28,2 °	42,10%	1,4	3 '	6,2	-
3	0,164 g	29,9 °	28,2 °	42,10%	1,4	3 '	6,0	-

Tabella B-AA4 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA4

Punto AA4	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	Anno intervento
	0,156 g	2,18855	0,146 g	2,04826	0,164 g	2,30079	0,155 g	2,17920	0

Tabella A-AA5 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA5

Punto AA5 : Arenaria			Posizione: Battistero Lato 6				Esposizione: S-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,246 g	33,0 °	32,6 °	48,77%	0,7-0,8	3 '	6,0	3 '
2	0,224 g	33,0 °	32,6 °	48,77%	0,7-0,8	3 '	5,9	3 '
3	0,252 g	33,0 °	32,6 °	48,77%	0,7-0,8	3 '	6,3	3 '

Tabella B-AA5 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA5

Punto AA5	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	Anno intervento
	0,246 g	3,45118	0,224 g	3,14254	0,252 g	3,53535	0,241 g	3,37636	2000

Tabella A-AA6 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA6

Punto AA6 : Arenaria			Posizione: Battistero Lato 4				Esposizione: N-O	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,025 g	32,7 °	34,2 °	50,50%	0,8-0,9	3 '	non visibile	-
2	0,066 g	32,7 °	34,2 °	50,50%	0,8-0,9	3 '	non visibile	-
3	0,052 g	32,7 °	34,2 °	50,50%	0,8-0,9	3 '	non visibile	-

Tabella B-AA6 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA6

Punto AA6	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m	Anno intervento
	0,025 g	0,35073	0,066 g	0,92593	0,052 g	0,72952	0,048 g	0,66872	2017

5. Indagine sperimentale sugli apparati lapidei dell'architettura monumentale

Tabella A-AA7 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA7

Punto AA7 : Arenaria				Posizione: Battistero Lato 2 – Chiara			Esposizione: N-E	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,299 g	31,4 °	33,3 °	49,30%	1	3 '	6,0	3 '
2	0,371 g	31,4 °	33,3 °	49,30%	1	3 '	6,0	3 '
3	0,337 g	31,4 °	33,3 °	49,30%	1	3 '	6,0	3 '

Tabella B-AA7 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA7

								Anno intervento	2014
Punto	AA7	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
		0,299 g	4,19473	0,371 g	5,20483	0,337 g	4,72783	0,336 g	4,70913

Tabella A-AA8 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA8

Punto AA8 : Arenaria				Posizione: Battistero Lato 2 – Scura			Esposizione: N-E	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,169 g	30,5 °	33,,8	55,22%	1,1	3 '	6,1	3 '
2	0,145 g	30,5 °	33,,8	55,22%	1,1	3 '	6,1	3 '
3	0,226 g	30,5 °	33,,8	55,22%	1,1	3 '	6,1	3 '

Tabella B-AA8 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA8

								Anno intervento	2014
Punto	AA8	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
		0,169 g	2,37093	0,145 g	2,03423	0,226 g	3,17059	0,180 g	2,52525

Tabella A-AA9 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA9

Punto AA9 : Arenaria				Posizione: Battistero Lato 7			Esposizione: S	
Prova	ΔP	TA	TC	HR	HRC%	t	Diam mm	Ta
1	0,602 g	33,2 °	33,2 °	45,69%	0,9-1,0	3 '	6,4	4 '
2	0,704 g	33,2 °	33,2 °	45,69%	0,9-1,0	3 '	6,1	4 '
3	0,811 g	33,2 °	33,2 °	45,69%	0,9-1,0	3 '	6,3	4 '

Tabella B-AA9 – Misurazioni assorbimento tramite spugna di contatto: Punto AA9

								Anno intervento	2000
Punto	AA9	ΔP_1	Wa ₁	DP ₂	Wa ₂	DP ₃	Wa ₃	DP _m	Wa _m
		0,602 g	8,44557	0,704 g	9,87654	0,811 g	11,37767	0,706 g	9,89993

Capitolo 6

Conclusioni e prospettive di ricerca

6.1 Premessa

L'obiettivo principale di questa ricerca è quello di valutare la possibilità di 'misurare' e 'quantificare' lo stato di efficienza, e quindi la 'durabilità', degli interventi conservativi/protettivi della pietra. Questo specifico obiettivo si inserisce in un quadro di indagine più ampio teso a scandagliare le ragioni di una oggettiva difficoltà riscontrata nella programmazione della ciclicità degli interventi di conservazione, in particolare di conservazione della pietra, dei beni monumentali. Lo stato dell'arte (Sezione 3) ha mostrato che i dati di durabilità dei protettivi idrorepellenti normalmente utilizzati per la pietra sono mancanti o disarticolati e scarseggiano i riferimenti di base per la stesura dei Piani di Manutenzione. È stato anche evidenziato come la ricerca nel campo del restauro non riesca a sopperire a questa mancanza non tanto per carenza di studi o sperimentazioni, quanto piuttosto per la loro estrema specificità e per l'assenza di un quadro di insieme (Sezione 2.6).

L'idea di condurre la ricerca sul territorio di confine tra le molteplici professionalità coinvolte nella conservazione dei monumenti è stata quindi fondamentale per questo studio e ha stimolato riflessioni che si sono articolate su più livelli. Si è imposto un metodo di lavoro che consentisse di tenere sotto controllo la questione contemporaneamente nel dettaglio e nel quadro d'insieme. Per raggiungere gli obiettivi prefissati, la ricerca ha infatti costantemente mantenuto un doppio piano di osservazione e riflessione: uno più specialistico, inerente la definizione dei parametri di efficacia di alcuni protettivi idrorepellenti presi in esame, l'altro più generale inerente la

Manutenzione Programmata dei beni culturali e le problematiche ad essa connesse. Allo stesso tempo è stato percorso un duplice filone di indagine: una rilettura dei contributi in letteratura e una diretta indagine sul campo, mirate entrambe a comprendere le ragioni di una oggettiva difficoltà riscontrata nella programmazione della ciclicità degli interventi di conservazione (nello specifico di conservazione della pietra) dei beni monumentali e, a suggerire modalità di intervento e metodi di programmazione. Per questo il presente lavoro può essere definito come un lavoro condotto su più scale.

6.2 Principali risultati e contributi della ricerca

Nel riassumere i principali risultati e i contributi di questa ricerca, occorre mantenere la stessa impostazione modulata sul doppio registro di una scala 'ravvicinata' e una scala più 'ampia' di cui si è appena detto nell'introduzione. Questa ricerca ha affrontato gli obiettivi posti in partenza (Paragrafo 1.3), in particolare ha fornito una visione approfondita sulla possibilità di raffrontare in situ le prestazioni dei protettivi idrorepellenti stesi a distanza di qualche anno su diversi litotipi, ha evidenziato le differenze tra gli effetti idrorepellenti su superfici differenti, comparando anche gli effetti di tipologie di intervento diversi e ha evidenziato nel caso in esame come la conservazione continui a seguire il degrado piuttosto che prevenirlo.

I risultati di questa ricerca devono essere letti alla luce delle considerazioni fatte in premessa del Capitolo 5 e in particolare in considerazione del fatto che si tratta di una indagine ex post per la quale non tutti i fattori potevano essere tenuti sotto controllo fin dall'inizio, ma per i quali è stato possibile fare delle ipotesi. La formulazione di tali ipotesi è stata possibile solo perché i restauri recenti (che hanno sostanzialmente fornito i dati su cui sono stese le conclusioni) sono avvenuti sotto la diretta sorveglianza della Soprintendenza senza cambi di figure, elemento questo che ha consentito di poter considerare l'omogeneità di trattamento delle superfici anche al cambio degli operatori in cantiere nei vari interventi. Questo ha fatto sì che si potesse avviare una lettura a ritroso e che si potessero interpretare gli interventi più lontani nel tempo come punti in cui i protettivi avevano un 'invecchiamento' maggiore.

Alla luce di queste considerazioni, sul piano dello specifico campo dei protettivi idrorepellenti i principali risultati di questa ricerca possono essere sintetizzati come segue:

- La possibilità di ‘quantificare’ lo stato di efficienza, e quindi la ‘durabilità’, degli interventi conservativi/protettivi della pietra è ancora fortemente condizionata dal fatto che la sperimentazione procede prevalentemente in laboratorio e vengono attuate poche sperimentazioni in situ. I dati ottenuti con la sperimentazione di questa ricerca hanno dimostrato che una lettura sul campo è utile invece a capire quanto effettivamente stia lavorando un protettivo applicato pochi anni prima. I grafici riportati in chiusura del capitolo 5 mostrano come silossani applicati su marmi e arenarie e elastomeri fluorurati applicati su serpentini abbiano un elevato grado di idrorepellenza nell'immediato (almeno a un anno di distanza dal trattamento) e che analoghi trattamenti a distanza di quattro anni forniscano un grado di idrorepellenza già sensibilmente inferiore (- 30% per i marmi bianchi, - 50% per i serpentini, - 38% per le arenarie dal confronto tra i risultati dei rispettivi trattamenti 2017 - trattamenti 2014). Si riportano sotto i grafici con i risultati aggregati e con i dati distinti per litotipo.

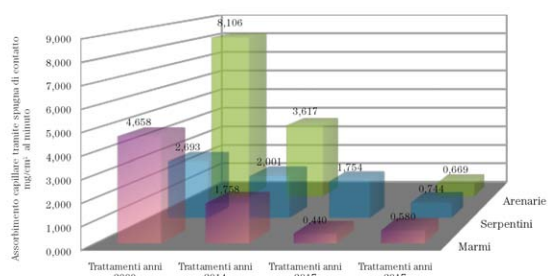


Grafico 17: Confronti marmi bianchi, serpentini, arenarie

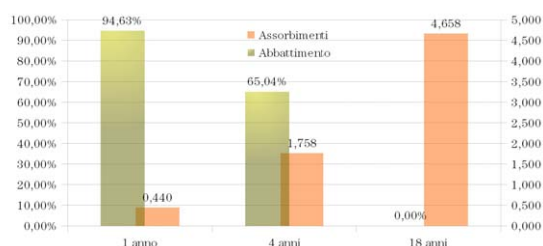


Grafico 18: Marmi bianchi

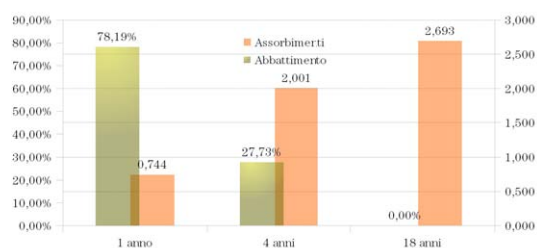


Grafico 20: Serpentini

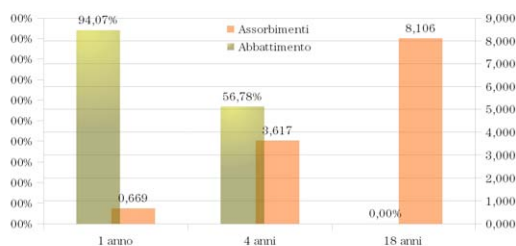


Grafico 19: Arenarie

Le perdite di efficacia dell'idrorepellenza iniziale starebbero a significare che la pietra dovrebbe essere ri-trattata dopo 2-3 anni al fine di garantire un'alta idrorepellenza e un'adeguata protezione dagli effetti dell'inquinamento (Pinto & Rodrigues, 2008).

- La protezione delle superfici con scialbature, velature a calce, applicate ai marmi bianchi, e in qualche caso anche ai serpentini, sembra restare comunque maggiormente efficace e stabile nel tempo rispetto ai trattamenti idrorepellenti con polimeri di sintesi, si vedano i relativi grafici nel Paragrafo 5.4. Questo apre ovviamente ad altre riflessioni che vanno sia dalla scelta dei trattamenti, sia alla percezione del monumento e della sua materia costitutiva. Dobbiamo osservare che per alcuni elementi la scialbatura non era percepibile dalla consueta distanza di visione del monumento di un osservatore mentre è diventata percepibile a una visione ravvicinata. Il caso delle colonne del campanile è invece più eclatante (alcune colonne sono fortemente scialbate altre non lo sono affatto) e particolarmente accentuato in specifiche condizioni di luce, più nelle riprese fotografiche che non dalla visione dal vero del monumento; nella vista, necessariamente da distanza, di un osservatore meno attento, l'effetto può non essere percepito o può non incidere sulla percezione complessiva del monumento.

Sul piano dei trattamenti idrorepellenti, la ricerca ha effettivamente mostrato la possibilità di individuare una durabilità dei trattamenti effettuati con polisilossani e con elastomeri fluorurati sui litotipi osservati. I dati che si ricaveranno inoltre con il mantenimento del punto di controllo indicato nel Paragrafo 5.7 completeranno il quadro previsionale consentendo di avere un Tempo 0 di massima efficacia che consentirà di avere una più attendibile stima di decadenza dell'efficacia nel tempo, come si rappresenta nel grafico sottostante in riferimento ai dati rilevati sui marmi bianchi e che permetterà negli anni a venire di rilevare gli assorbimenti annualmente e approssimare una curva di previsione di decadimento che in questo momento può solo essere ipotizzata.

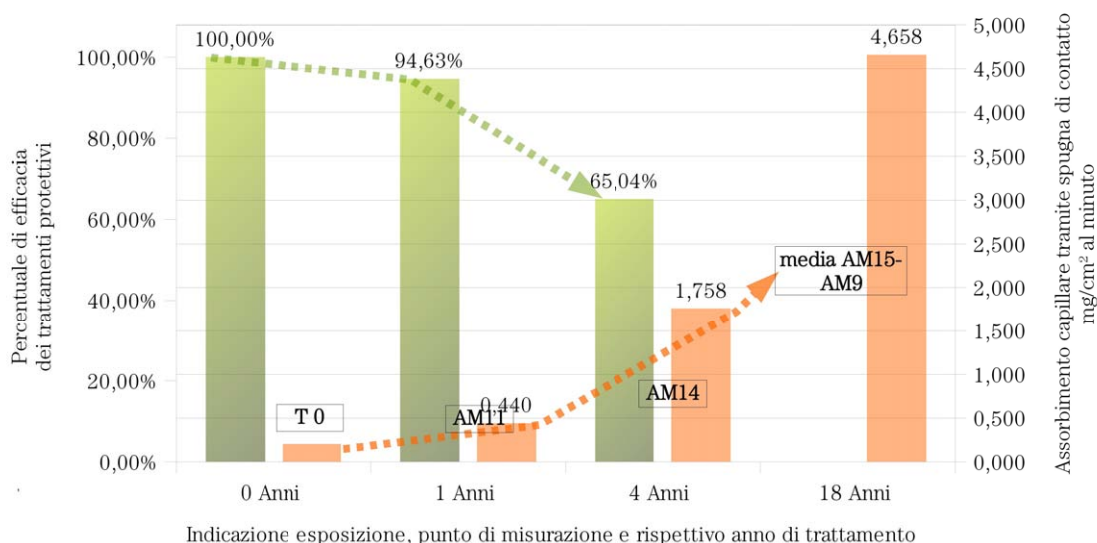


Grafico 21: Marmo Bianco - Dati di assorbimento, punti AM5, AM9 AM14, AM11 e AM13 riportati su scala temporale e percentuale di efficacia

Nel Grafico 22 è invece indicato un confronto tra, del tutto ipotetiche, linee di tendenza di decadimento: polinomiale (viola), lineare (rosso), che potrebbe essere ricavato da una rappresentazione dei dati su una scala lineare del tempo.

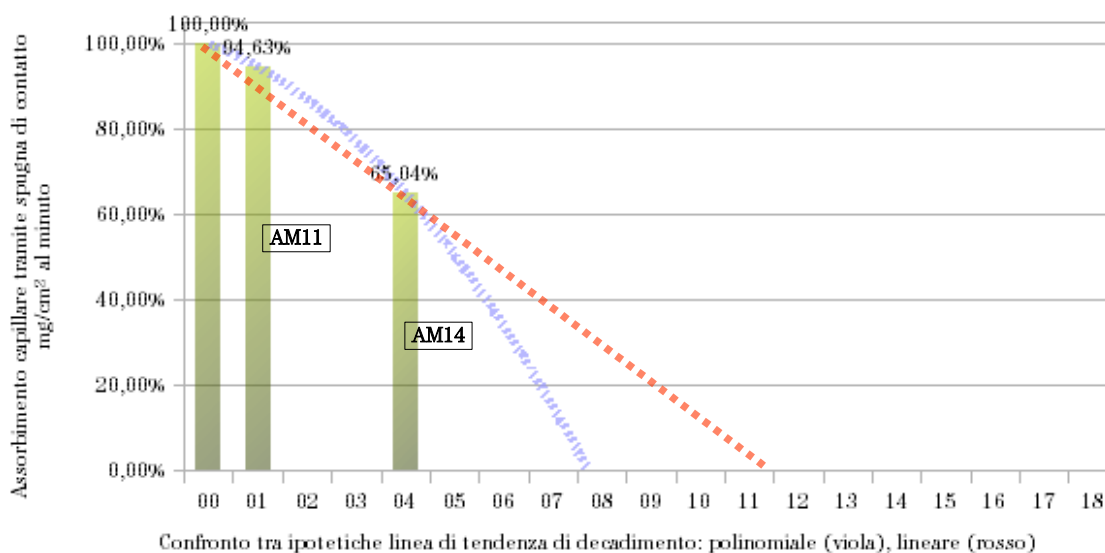


Grafico 22: Confronto tra ipotetiche linee di tendenza di decadimento: polinomiale (viola), lineare (rosso)

Dal punto di vista generale della conservazione programmata si è verificato su questo caso (in particolare il Battistero) che le scelte di programmazione sono fatte ancora sempre a valle di fenomeni di degrado già re-innescati (Lati 1 e 2 intervento 2014 e Lati 3 e 4 intervento 2017, anche con forti presenze di vegetazione, e Lato 8 intervento 2018 forti presenze di patine biologiche e depositi). L'ultimo intervento (2018) si è inoltre spostato, dalla fase di progetto e approvazione alla fase di esecuzione, dal fronte Sud-Ovest al fronte Sud-Est. Si è inoltre verificato che la questione della efficacia nel tempo del trattamento protettivo non viene di fatto presa in considerazione nella programmazione; si 'dimentica' in qualche maniera che il trattamento potrebbe perdere le sue prestazioni nel tempo. I risultati di questa ricerca osservati sotto questa luce indicherebbero, volendo perseguire la strada della protezione della pietra con idrorepellenti, cicli manutentivi ravvicinati (blanda pulitura e ripetizione dei trattamenti, biocidi/protettivi nell'arco di 5-6 anni) per mantenere elevati livelli di protezione.

Sul piano dello specifico complesso monumentale lo studio ha sicuramente fornito elementi per implementare il consuntivo scientifico e indirizzare alla redazione di un Piano di Manutenzione o Conservazione. Sul piano generale questa tesi porta un contributo alla riflessione e alla sistematizzazione dei dati in vista di una reale utilità per la manutenzione dei beni monumentali affrontando con una diversa prospettiva la nozione di durabilità per la Conservazione dei Beni Culturali, per applicarla al trattamento conservativo delle superfici dell'architettura monumentale (Paragrafo 2.3).

6.3 Prospettive future

Lo studio propone un metodo esportabile e applicabile ad altri aspetti della conservazione dei monumenti e sicuramente uno dei principali risvolti di questa ricerca può trovarsi nel condurre analoghe valutazioni per altri prodotti idrorepellenti applicati nella conservazione dei beni culturali. Analogamente il modello può applicarsi ad altri sistemi, in particolare resine, gomme fluorurate, microcementazioni, protettivi per materiali metallici, lignei e vetrosi. Una tale estensione potrebbe consentire di introdurre i dati di durabilità nelle schede tecniche dei materiali, almeno in un range di probabilità per tipo di impiego, per matrice di supporto, per condizioni di esposizione.

Nel caso specifico dei due monumenti, il mantenimento del punto di controllo indicato nel Paragrafo 5.7 permetterà di valutare ulteriormente le prestazioni nel tempo dei trattamenti effettuati.

Infine è impossibile astenersi del tutto da alcune imprescindibili riflessioni sulla reale utilità dei trattamenti così come finora utilizzati per la protezione delle pietre; i risultati derivati dai raffronti con trattamenti tradizionali (scialbature) devono evidentemente stimolare una nuova ripresa della ricerca tesa a comparare non solo i nuovi prodotti tra loro, ma anche i nuovi prodotti in relazione alle tecniche più tradizionali e valutare l'impatto degli uni e degli altri su vari piani, in termini di efficacia dell'azione conservativa (durata degli effetti), economicità e rapidità di esecuzione dell'azione conservativa, aderenza ai criteri di compatibilità, reversibilità e autenticità (vedi Capitolo 2).

6.4 Risolvere la dicotomia. Banche dati come risorse per il piano di manutenzione?

All'atto pratico una impostazione di metodo come quella strutturata per questa ricerca fornisce un elemento per comporre il quadro del consuntivo scientifico che dovrebbe accompagnare l'intervento di restauro/conservazione. Sotto il profilo del trasferimento della conoscenza e del metodo, la pubblicazione delle analisi e dei risultati su un portale come ad esempio il 'Community MiBAC' (R. Desimone, 2010) renderebbe possibile la comparazione dei casi e la sistematizzazione di dati utili per la programmazione. Tuttavia è da segnalare come un tentativo in tal senso non è entrato a regime - salvo il primo momento seguito all'istituzione del portale - nemmeno per la ben più grave questione del rischio sismico per patrimonio culturale⁷⁶. Un trasferimento dei dati o schedature di analisi di questo tipo, per singolo monumento, porterebbe nuovamente a una dispersione dei dati, rendendosi invece necessaria una condensazione delle esperienze e il trasferimento di questa in una banca dati o nelle sedi di formazione universitaria e professionale.

⁷⁶ Ci si riferisce al sistema di archiviazione previsto dalle "Disposizioni in materia di tutela del patrimonio architettonico e mitigazione del rischio sismico", che, per le istanze di autorizzazione ai sensi dell'art. 21 del Codice, ha introdotto l'obbligo di compilazione della 'Scheda sinottica dell'intervento'. Il complesso di schede dovevano confluire tramite il progetto "mitigazione rischio sismico" nell'applicativo Community Mibac, <https://community.beniculturali.it>. Il sistema è rimasto confinato poi nell'intranet del Ministero.

Bibliografia

- AA.VV. (2008). *ICOMOS-ISCS: Illustrated glossary on stone deterioration patterns*
Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre MONUMENTS AND SITES
MONUMENTS ET SITES XV. (ICOMOS International Scientific Committee for
Stone (ISCS) . Comité scientifique international "Pierre" de l'ICOMOS, Ed.). Paris:
ICOMOS Documentation Centre.
- AA.VV., Cristinelli, G., Foramitti, V., & a cura di. (1999). Il restauro fra identità e
autenticità. In *I principi fondativo del restauro architettonico*. Venezia: Marsilio.
- AA.VV. (1994). Documento sull'Autenticità. In *Conferenza di Nara sull'autenticità in*
relazione alla Convenzione sul Patrimonio Mondiale. Nara (Giappone).
- AA.VV. (2005). *Memoria e Restauro Dell'Architettura Saggi in onore di Salvatore*
Boscarino. (M. Dalla Costa & G. Carbonara, Eds.). Franco Angeli.
- Amoroso, G. G. (1995). *Il restauro della pietra nell'architettura monumentale: posa in*
opera, degrado, pulitura. Dario Flaccovio Editore.
- Amoroso, G. G. (2002). *Trattato di scienza della conservazione dei monumenti: etica*
della conservazione, degrado dei monumenti, interventi conservativi, consolidanti
e protettivi. Firenze: Alinea.
- Amoroso, G. G. & Fassina, V. (1983). *Stone decay and conservation: atmospheric*
pollution, cleaning, consolidation, and protection. Elsevier.
- Baer, N. S. (Norbert S., & Snethlage, R. (1997). *Saving our architectural heritage: the*
conservation of historic stone structures: report of the Dahlem Workshop on
saving our architectural heritage: conservation of historic stone structures, Berlin,
March 3-8, 1996. John Wiley & Sons.
- Bardelli, P. G., Ribaldone, M., con interventi di, Caldera, C., De Marco, A., & Marco, F.
(2009). *Curare, documentare, mantenere: 20 anni di raccolta sistematica di esiti*
di cantieri per il recupero e il restauro (Vol. 1). Alinea.
- Bastogi, M., & Fratini, F. (2004). *Geologia, litologia, cave e deterioramento delle pietre*
fiorentine.

- Biliotti, C., Bonsanti, G., Lalli, C., & Sartiani, O. (2000). Stemma Martelli. *OPD Restauro*, (12).
- Bonanni, P., Daffinà, R., Gaddi, R., Silli, V., Cirillo, M., Cacace, C., & Giovagnoli, A. (2006a). Inquinamento e degrado dei beni culturali - I risultati dello studio sperimentale APAT-ICR per la valutazione del danno dei beni storico-artistici esposti all'aperto. *Gazzetta Dell'ambiente, Edizioni Colombo*, (2), 63–74.
- Bonanni, P., Daffinà, R., Gaddi, R., Silli, V., Cirillo, M., Cacace, C., & Giovagnoli, A. (2006b). *L'impatto dell'inquinamento atmosferico sui beni di interesse storico-artistico esposti all'aperto*. (APAT, Agenzia per la protezione, & dell'ambiente e per i servizi tecnici, Eds.), Roma.
- Bonsanti, G. (2013). *Giorgio Torraca come didatta Storia del Restauro*. *KERMES La Rivista Del Restauro*, (92), 65–69.
- Borgarino, M.P. (2011), a cura di, *Dal restauro alla conservazione programmata del patrimonio storico architettonico*, Politecnico di Milano. 2011.
- Borgia, G. C., Camaiti, M., Cerri, F., Fantazzini, P., & Piacenti, F. (2003). Hydrophobic Treatments for Stone Conservation - Influence of the Application Method on Penetration, Distribution and Efficiency. *Studies in Conservation*, 48(4), 217–226. <https://doi.org/10.1179/sic.2003.48.4.217>
- Borgioli, L. (2002). *Polimeri di sintesi per la conservazione della pietra*. Padova: Il Prato.
- Bottari Scarfantonì, N. (1998). *Il cantiere di San Giovanni Battista a Pistoia*. Pistoia: Società Pistoiese.
- Boutin, F. (2001). Comparative study of the efficiency of protective treatments applied to stone. *Surface Technology with Water Repellent Agents: Proceedings of Hydrophobe III. Third International Conference, Universität Hannover, Germany, September 25th and 26th, 2001*, 244, 233–244.
- Brandi, C. (1963). *Teoria del restauro*. Roma: Edizioni di storia e letteratura.
- Calia, Lettieri, Quarta, Laurenzi Tabasso, & Mecchi. (2004). Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Stockholm June 27 - July 2, 2004. In D. Kwiatkowski, R. Löfvendahl, & Swedish National Committee of ICOMOS. (Eds.), *10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone* (p. 1096). Stockholm : ICOMOS, Sweden.
- Canavesio, G. (2002). *Pietre ornamentali: estrazione. lavorazione e posa in opera*. in *In Trattato di scienza della conservazione dei monumenti: etica della conservazione, degrado dei monumenti, interventi conservativi, consolidanti e protettivi Amoroso, Giovanni G. (Giovanni Giuseppe)*. Alinea.
- Casiello, S. (2008). *Verso una storia del restauro: dall'età classica al primo Ottocento*. Alinea.

- Cavezzali, D. (n.d.). *Giovanni Urbani (1925-1994) Un breve profilo*.
- Cecchi, R. (2006). *I beni culturali: testimonianza materiale di civiltà*. Spirali.
- Cecchini, S. (2012). *Trasmettere al futuro: tutela, manutenzione, conservazione programmata*. Gangemi.
- Chemie, W. A. (n.d.). *The threat water damages buildings*.
- Ciatti, M. (2009). *Appunti per un manuale di storia e di teoria del restauro*. Edifir Edizioni Firenze.
- Comprendere il regolamento REACH - ECHA. (n.d.). Retrieved October 27, 2018, from <https://echa.europa.eu/it/regulations/reach/understanding-reach>
- Contorni, G. (1993). *Erre come restauro: terminologia degli interventi sul patrimonio architettonico / Gabriella Contorni - Università degli Studi di Firenze*. (Alinea Editrice, Ed.). Firenze.
- CTS Srl. (2014). Spugna di contatto - Kit.
- Daddi, B. (1979). *Considerazioni per una impostazione teorica del problema*. Bollettino Degli Ingegneri, (10).
- Daniotti, B. (2009). *La durabilità in edilizia*. Milano: CUSL.
- De Vita, M. (2000). Lineamenti dell'intervento restaurativo - Il Battistero di Pistoia. In M. De Vita & A. Suppressa (Eds.), *Il Restauro del Battistero di San Giovanni in Corte* (pp. 13–26). Ente Cassa di Risparmio di Pistoia e Pescia.
- De Vita, M., & Suppressa, A. (2000a). *Il restauro del Battistero di San Giovanni in Corte*.
- De Vita, M., & Suppressa, A. (2000b). *Il restauro del Battistero di San Giovanni in Corte*. (M. De Vita & A. Suppressa, Eds.). Pistoia: Ente Cassa di Risparmio di Pistoia e Pescia, Capitolo della Cattedrale di Pistoia. .
- Della Torre, S. (2014). Oltre il restauro, oltre la manutenzione. In P. di M. e N. Editore (Ed.), *La strategia della Conservazione programmata Dalla progettazione delle attività alla valutazione degli impatti Proceedings of the International Conference Preventive and Planned Conservation Monza, Mantova - 5-9 May 2014*. Milano.
- Della Torre, S., & Gasparoli, P. (2007), *La definizione di manutenzione contenuta nel Codice dei Beni Culturali: un'analisi del testo e delle sue implicazioni. riferimenti e confronti con le attività manutentive sul costruito diffuso*, in LetteraVentidue (Ed.), *La cultura della manutenzione nel progetto edilizio e urbano. Atti del Convegno nazionale (Siracusa, 24-25 Maggio 2007)* (pp. 160–163).
- Doehne, E., & Price, C. A. (2010). *Stone Conservation: An Overview of Current Research (Second Edition)* (Second Ed). Getty Publications, Los Angeles.

- Fassina, V., & Mecchi A. (2008). *Criteri metodologici di applicazione e di valutazione dei protettivi per materiali inorganici porosi Materiali lapidei naturali e artificiali, dipinti murali nella conservazione dei Beni Culturali*. Kermes.
- Fedi, R., & Suppressa, A. (2001). *Il restauro della facciata della cattedrale di Pistoia*. Recupero e Conservazione, (39).
- Fedi, R., Suppressa, A., & Gai, L. (2001), *La facciata della cattedrale di Pistoia e il suo restauro*. San Giovanni Valdarno: Tipografia Valdarnese.
- Ferreira Pinto, A. P., & Delgado Rodrigues, J. (2000). Assessment of durability of water repellents by means of exposure tests. *9th Int. Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, (June 2000), 273–285.
- Ferreira Pinto, A. P., Delgado Rodrigues, J., Bracci, S., & Sacchi, B. (2008). The action of APTES as coupling agent of ethylsilicate for limestone and marble consolidation. *Int. Symp. Stone Consolidation in Cultural Heritage. Research and Practice*, (May), 71–79.
- Forster, A. M., & Kayan, B. (2009). Maintenance for historic buildings: a current perspective. *Structural Survey*, 27(3), 210–229.
<https://doi.org/10.1108/02630800910971347>
- Gai, L. (1978). Rapporti tra l'ambiente artistico pistoiese e fiorentino alla fine del trecento ed ai primi del Quattrocento: riesame d'un problema critico. In *Egemonia fiorentina ed autonomia locali nella Toscana nord-occidentale* (pp. 325–356).
- Gasparoli, P., & Talamo, C. (2006). *Manutenzione e recupero: criteri, metodi e strategie per l'intervento sul costruito*. Alinea.
- Gioventù, E., & Lorenzi, P. F. (22AD). *Valutazione dell'efficacia nell'utilizzo di microrganismi per la biorimozione delle croste nere dai materiali lapidei ed approfondimento delle metodologie applicative*, OPD Restauro, Centro Di.
<https://doi.org/10.2307/24395709>
- Giusti, A., Lalli, C., Lanterna, G., Matteini, M., Porcinai, S., Rizzi, M., & Siano, S. (2001). *Indagini storiche e diagnostiche per il restauro dei 'Quattro Santi Coronati' dalla facciata di Orsanmichele a Firenze*, OPD Restauro , (13), 143–150, 94–95.
- Giusti, A., & Samarelli, C. (1997). *Il 'Pulpito' marmoreo di Fra Guglielmo in San Giovanni Fuorcivitas a Pistoia*, OPD Restauro, (9).
- Gnoli, R. (1971) *Marmora romana*, Edizione dell'Elefante, Roma, 1971
- Gurrieri, F. (1968). *Il campanile della Cattedrale di Pistoia*, Università degli Studi di Firenze. *Bullettino Storico Pistoiese*, III(70), 94–107.
- Gurrieri, F. (1975). *Il Battistero di S. Giovanni in Corte a Pistoia*. Pistoia: Libr. Ed. Tellini

- Gurrieri, F. (1979). La microcementazione per il restauro dei monumenti. Un contributo. *Bollettino Degli Ingegneri*, (10).
- Gurrieri, F. (1992). *Restauro e conservazione: carte del restauro, norme, convezioni e mozioni sul patrimonio architettonico ed artistico*. Firenze: Polistampa.
- Gurrieri, F. (1995a). *La piazza del duomo a Pistoia*.
- Gurrieri, F. (1995b). *La Piazza del duomo a Pistoia*. Bergamo: Bolis.
- Gurrieri, F. (2009). *La città a pezzi, pezzi di città: distacchi lapidei a Firenze; 1977-2009*. Ed. Polistampa.
- Improta, M. (2012), a cura di, *Il restauro dei materiali lapidei*, vol.1, Centro Di, Firenze.
- Improta, M. (2013), a cura di, *Il restauro dei materiali lapidei*, vol.2, Centro Di, Firenze.
- Lazzarini, L., & Laurenzi Tabasso, M. (2010). *Il restauro della pietra*. Utet Scienze Tecniche.
- Lettieri, M., & Masieri, M. (2016). Performances and Coating Morphology of a Siloxane-Based Hydrophobic Product Applied in Different Concentrations on a Highly Porous Stone. *Coatings*, 6(4)
- Lezzerini, M. (2005). *Mappatura delle pietre presenti nella facciata della chiesa di San Frediano* (Pisa, Italia), 110, 43–50.
- Lorusso, S., Mirabelli, M., & Viviano G.. (2006). *La contaminazione ambientale ed il degrado dei materiali di interesse storico-artistico*. Bologna: Pitagora Editrice.
- Manganelli Del Fà, C. (2002). *La porosità nei materiali lapidei naturali e artificiali: problematiche di determinazione della porosità: correlazione tra caratteristiche fisiche dei materiali, porosità, dinamica dei fluidi*. Modena: s.n.
- Manzelli, V. (1994). *La policromia nella statuaria greca arcaica*. “Erma” di Bretschneider.
- Marconi, P. (1984). *Arte e cultura della manutenzione dei monumenti*. Laterza.
- Marconi, P. (1995). *Il restauro e l'architetto. Teoria e pratica in due secoli di dibattito*. Marsilio Editori.
- Matteini, M., Moles, A., Nepoti, M.R., Tosini, I. (2013), *Il pulpito di Donatello del Duomo di Prato: indagini scientifiche sullo stato di conservazione e sui passati trattamenti con fluosilicati*, in Improta, M. (2013), a cura di, *Il restauro dei materiali lapidei*, vol.2, Centro Di, Firenze.
- Melica, D., Matera, L., Calia, A., Dilillo, M., Luppino, S., Lanza, G., & Riccardi, G. (2011). *Valutazione dell'efficacia di trattamenti conservativi a base di silicato di etile su pietra arenaria: il caso della cinta muraria di castiglione di paludi (CS)*. In IX Congresso Nazionale IGIIC – Lo Stato dell'Arte – Cosenza, 13-15 Ottobre 2011.

- Molinari, C. (2003). Affidabilità, Durabilità, Manutenibilità. In *Lessico del Facility Management. Gestione integrata e manutenzione degli edifici e dei patrimoni immobiliari*. Milano: Il Sole 24 Ore.
- Muratore, O. (2016). *L'uso del 'bianco' nel restauro architettonico a Roma nel XIX secolo*. *Opus Incertum*, 2(0), 94–103.
- Niglio, O., & Kuwakino, K. (2010). *Giappone. Tutela e conservazione di antiche tradizioni*. (Edizioni Plus - Pisa University Press, Ed.). Pisa.
- Pardini, C., & Tiano, P. (2004). *Valutazione in situ dei trattamenti protettivi per il materiale lapideo. Proposta di una nuova semplice metodologia*. *ARKOS*, 5, 32–38.
- Petraroia, P., & Della Torre, S. (2008). *Norme e pratiche senza sistema*.
- Pinto, A. P. F., & Rodrigues, J. D. (2008). Stone consolidation: The role of treatment procedures. *Journal of Cultural Heritage*.
- Price, C. A. (1975). The decay and preservation of natural building stone (Building Research Establishment Current Paper, cp 89/75, October 1975). *Chemistry in Britain*, (11).
- Price, C. A. (1996). *Stone Conservation: An Overview of Current Research*. Santa Monica CA: Getty Conservation Institute.
- R. Desimone. (2010). *Community MiBAC*. Retrieved November 4, 2018, from http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/Progetti/Correnti/Miglioramento-performance/visualizza_asset.html_1649507033.html
- Registrazione - ECHA. (n.d.). Retrieved October 27, 2018, from <https://echa.europa.eu/it/regulations/reach/registration>
- Restauro del Campanile della Cattedrale di Pistoia - Firenze BAP. (n.d.). Retrieved October 26, 2018, from <http://www.sbap-fi.beniculturali.it/index.php?it/209/cattedrale-di-pistoia>
- Rinaldi, S. (1990). *Cenni sulla decorazione pittorica della scultura in pietra in Maltese, C. et altri, I supporti nelle arti pittoriche: storia, tecnica, restauro*. (Ugo Mursia Editore, Ed.). Milano.
- Rossi Pinelli, O. (2012). *Presentazione in Cecchini, Silvia, Trasmettere al futuro: tutela, manutenzione, conservazione programmata*. Gangemi.
- Sampaolesi, P. (1966), *Metodo di indurimento delle pietre dell'architettura : campionamenti, ricerche di laboratorio*, Vallecchi, Firenze.
- Settis, S. (2007). *Italia S.p.A. : l'assalto al patrimonio culturale*. Einaudi.
- Siesgmund, S., Sneathlge, R., & Editors. (2014). *Stone in Architecture. Properties, Durability (5th Editio)*. Springer.

- Simionescu, B., Irina-Boradianu, E., Aflori, M., Doroftei, F., Cotofana, C., & Olaru, M. (2013). *Protective Coatings Based on Silsesquioxane Nanocomposite Materials*, 213–244.
- Simionescu, B., & Olaru, M. (2009). *Assessment of siloxane-based polymeric matrices as water repellent coatings for stone monuments*. *European Journal of Science and Theology*, 5(1), 59–67.
- Smith, B. J., Gomez-Heras, M., & McCabe, S. (2008). *Understanding the decay of stone-built cultural heritage*. *Progress in Physical Geography*, 32(4), 439–461.
- Snethlage, R., & Wendler, E. (1990). *Surfactants and Adherent Silicon Resins - New Protective Agents for Natural Stone*. *MRS Proceedings*, 185, 193.
- Tiano, P., Fà, C. M. del, Fratini, F., Pecchioni, E., Lucido, V., & Piacenti, F. (1988). *Aggregation and protection by fluorinated elastomers of stones exposed to the atmospheric agents*. *Vith International Congress on Deterioration and Conservation of Stone: Proceedings: Torun, 12-14. 09. 1988 = VIe Congrè International Sur l'alteration et La Conservation de La Pierres: Actes*, 492–500.
- Tomaselli, F. (2005). *Le prime sperimentazioni nell'impiego dei fluosilicati per il consolidamento dei marmi della Basilica di San Marco a Venezia Franco*. In M. Dalla Costa & G. Carbonara (Eds.), *Memoria e restauro dell'architettura: saggi in onore di Salvatore Boscarino* (pp. 250–264). FrancoAngeli.
- Torraca, G. (1969). *L'attuale stato delle conoscenze sulle alterazioni delle pietre: cause e metodi di trattamento*. In C. Gnudi, *Sculture all'aperto. Degradazione dei materiali e problemi conservativi*.
- Torraca, G. (1976). *Effetti dell'inquinamento atmosferico sui materiali da costruzione dei monumenti*. *Conservazione Dei Monumenti. Atti Della Sezione Ii Dell'associazione Termotecnica Italiana, Firenze, 25 - 27 Settembre 1974*.
- Torraca, G. (2010). *Presentazione*. In *Il restauro della pietra*, Lazzarini, Lorenzo, Laurenzi Tabasso, Marisa (Ristampa a, pp. V–VII). Utet Scienze Tecniche.
- Torraca, G., & Sette, M. P. (2001). *La cura dei materiali nel restauro dei monumenti*. Bonsignori.
- Weddigen, E. (n.d.). *Associazione I CESMAR7*. Retrieved June 27, 2018, from <http://cesmar7.org/associazione/82-restauro-e-conservazione/attivita/congressi>
- UNI (1999) UNI 10813:1999 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Verifica della presenza di microrganismi fotosintetici su materiali lapidei mediante determinazione spettrofotometrica UV/Vis delle clorofille a, b e c. UNI Ente Italiano di Normazione.

- UNI (2001) UNI 10921:2001 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Prodotti idrorepellenti - Applicazione su provini e determinazione in laboratorio delle loro caratteristiche. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2003a) UNI 11060:2003 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Determinazione della massa volumica e della percentuale di vuoti. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2003b) UNI 11085:2003 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Determinazione del contenuto d'acqua: Metodo ponderale. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2006a) UNI 11177:2006 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN ISO 12571 - Prestazione igrotermica dei materiali e dei prodotti per edilizia - Determinazione delle proprietà di assorbimento igroscopico. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2006b) UNI 11182:2006 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2007) UNI 10705:2007 Beni culturali - Analisi per fluorescenza a raggi X con strumentazione portatile. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2008) UNI 11186:2008 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Metodologia per l'esposizione a cicli di gelo e disgelo. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2010a) UNI EN 15758:2010 Conservazione dei Beni Culturali - Procedure e strumenti per misurare la temperatura dell'aria e quella della superficie degli oggetti. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2010b) UNI EN 15801:2010 Conservazione dei beni culturali - Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento dell'acqua per capillarità. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2010c) UNI EN 15802:2010 Conservazione dei beni culturali - Metodi di prova - Determinazione dell'angolo di contatto statico. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2010d) UNI EN 15803:2010 Conservazione dei beni culturali - Metodi di prova - Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua (dp) UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2010e) UNI EN 15886:2010 Conservazione dei Beni Culturali - Metodi di prova - Misura del colore delle superfici. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2011) UNI 11432:2011 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Misura della capacità di assorbimento di acqua mediante spugna di contatto. UNI Ente Italiano di Normazione.*

-
- UNI (2012a) UNI EN 15898:2012 Conservazione dei beni culturali - Principali termini generali e definizioni. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2012b) UNI EN 16085:2012 Conservazione dei beni culturali - Metodologia per il campionamento dei materiali costituenti i beni culturali - Regole generali.*
- UNI (2012c) UNI EN 16096:2012 Conservazione dei beni culturali - Indagine e rapporto dello stato di conservazione del patrimonio culturale immobile. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2013a) UNI EN 16242:2013 Conservazione dei beni culturali - Procedure e strumenti per misurare l'umidità dell'aria e gli scambi di vapore tra l'aria e i beni culturali. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2013b) UNI EN 16302:2013 Conservazione dei Beni Culturali - Metodi di prova - Misura dell'assorbimento di acqua con il metodo della pipetta. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2015a) UNI EN 16515:2015 Conservazione del patrimonio culturale - Linee guida per la caratterizzazione dei materiali lapidei naturali per la realizzazione di opere costituenti il patrimonio culturale. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2015b) UNI EN 16581:2015 Conservazione dei beni culturali - Protezione superficiale per materiali inorganici porosi - Metodi di prova di laboratorio per la valutazione delle prestazioni dei prodotti idrorepellenti. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2016) UNI EN 16782:2016 Conservazione dei beni culturali - Pulitura di materiali inorganici porosi - Tecniche di pulitura laser per i beni culturali. UNI Ente Italiano di Normazione.*
- UNI (2017) UNI EN 16853:2017 Conservazione del patrimonio culturale - Processo di conservazione - Decisione, pianificazione e realizzazione. UNI Ente Italiano di Normazione.*



Appendice A



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**

Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039

www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano

Via A.F. Stella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze

Via L. Gordiniani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245078
cts.firenze@ctseurope.com

Roma

Via G. Fantoli, 26 - 00149
Tel. +39 06 55301779
Fax +39 06 5592891
cts.roma@ctseurope.com

Napoli

Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593118
cts.napoli@ctseurope.com

SILO 111

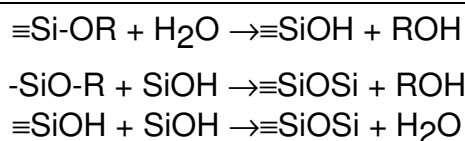
PROTETTIVO IDROREPELLENTE A BASE SOLVENTE PER MATERIALI DA COSTRUZIONE DI INTERESSE STORICO ARTISTICO

CARATTERISTICHE

SILO 111 è composto da una miscela di **Organosilossani oligomeri** a basso peso molecolare sciolti in **Ragia Minerale Dearomatizzata** per ottenere una elevata capacità di penetrazione sulle superfici trattate.

L'effetto idrorepellente si sviluppa sulle superfici mediante una reazione con l'umidità atmosferica.

La reazione di policondensazione può essere schematizzata nel seguente modo.



Una corretta impregnazione basata su **SILO 111** consente di ottenere:

- un'elevata profondità di penetrazione
- una significativa riduzione dell'assorbimento d'acqua
- una protezione efficace dalla pioggia battente
- una protezione contro l'accumulo di agenti inquinanti aggressivi per le superfici
- ottima permeabilità al vapor d'acqua
- assenza di effetti filmogeni
- assenza di variazioni cromatiche
- assenza di ingiallimenti nel tempo
- buona durata del trattamento



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**
Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039
www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano
Via A.F. Stella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze
Via L. Gordiniani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245078
cts.firenze@ctseurope.com

Roma
Via G. Fantoli, 26 - 00149
Tel. +39 06 55301779
Fax +39 06 5592891
cts.roma@ctseurope.com

Napoli
Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593118
cts.napoli@ctseurope.com

IMPIEGO

SILO 111 è indicato nella protezione di materiali da costruzione d'interesse storico artistico monumentale quali:

- intonaci ed affreschi pregiati;
- cotto;
- pietre naturali a base carbonatica o silicatica;
- pietre artificiali.

SILO 111 è pronto all'uso, di facile e sicuro impiego, adatto all'applicazione su ogni tipo di supporto minerale assorbente.

La superficie da trattare deve essere **asciutta, pulita**, risanata da eventuali sali efflorescibili presenti e la temperatura atmosferica deve essere compresa tra 10°C e 25°C.

La superficie da trattare non deve essere esposta all'irraggiamento diretto del sole.

L'effetto idrorepellente si sviluppa a seguito di una reazione che richiede 2-4 giorni, a seconda delle condizioni atmosferiche; in questo periodo la superficie non deve essere bagnata.

Qualora le superfici si presentassero molto danneggiate con tendenza allo sfarinamento, si consiglia di eseguire un trattamento preconsolidante con il prodotto **ESTEL 1000** e, dopo 3-4 settimane, effettuare il trattamento protettivo con il **SILO 111**.

Al termine dell'applicazione lavare gli strumenti con acqua.

AVVERTENZE

A causa della eterogeneità dei materiali esistenti è indispensabile eseguire dei tests preliminari su campioni del materiale che si vuol trattare in modo da poter verificare la quantità di materiale da impiegare (solitamente compresa fra 0,3-0,8 l/m²)

Il prodotto reagisce con l'umidità atmosferica; è quindi indispensabile chiudere ermeticamente i recipienti dopo l'uso.

DATI FISICI

Principi attivi	Organo Silossani Oligomeri
Contenuto principi attivi (%)	10
Solvente	White Spirit D 40 - Denaturato
Viscosità (a 20 °C)	3,8 cp
Densità (Kg/l)	0,90

CONFEZIONI

SILO 111 è disponibile in confezioni da 5 e 25 litri.

STOCCAGGIO

Mesi 6 in recipienti originali ermeticamente chiusi e al riparo dall'umidità.

Le informazioni contenute in questa scheda si basano sulle nostre conoscenze e prove di laboratorio alla data dell'ultima versione. L'utilizzatore deve assicurarsi della idoneità del prodotto in relazione allo specifico uso tramite prove preliminari, ed è tenuto ad osservare le leggi e le disposizioni vigenti in materia di igiene e sicurezza.

C.T.S. S.r.l. garantisce la qualità costante del prodotto ma non risponde di eventuali danni causati da un uso non corretto del materiale. Prodotto destinato esclusivamente **ad uso professionale**. Inoltre, possono variare in qualsiasi momento i componenti e le confezioni senza obbligo di comunicazione alcuna.



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**
Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039
www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano
Via A.F. Stella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze
Via L. Gordiniani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245078
cts.firenze@ctseurope.com

Roma
Via G. Fantoli, 26 - 00149
Tel. +39 06 55301779
Fax +39 06 5592891
cts.roma@ctseurope.com

Napoli
Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593118
cts.napoli@ctseurope.com

Vi riportiamo, di seguito, alcune **referenze per l'Italia** raccolte sul prodotto **“SILO 111”** :

Nome del monumento/opera/cantiere	Località–Provincia (Nazione)
Palazzo della Signoria	Iesi – AN (I)
Palazzo Giardino/Parco Ducale	Parma (I)
Passetto Castel S. Angelo, Palazzo Venezia, Chiesa San Pietro in Vincoli, Scalinata dell'Aracoeli e Area Sacra Largo Argentina	Roma (I)
Monumento ai Caduti	Ravenna (I)
Piedistallo Statua Meneghini	Padova (I)
Palazzo Budini Gattai e Palazzo Antinori	Firenze (I)
Cisternino e Cisternone del Poccianti	Livorno (I)
Palazzo Arese	Lomagna – LC (I)
Palazzo della Posta	Milano (I)
Palazzo Arcivescovile	San Severino Marche – MC (I)
Curia Arcivescovile di Taranto	Taranto (I)
Anfiteatro Romano	Cividate Camuno – BS (I)
Palazzo De Larderel	Livorno (I)
Chiesa Monumentale di Mazzorbo	Venezia (I)
Mura Farnesiane	Piacenza (I)
Palazzo Franci	Siena (I)
Torre dell'Orologio	Mestre – VE (I)
Chiesa di San Silvestro	Lorenzaga – TV (I)
Chiesa di San Giovanni	Parma (I)
Villa Dal Verme	Osnago – LC (I)
Il Fortino	Forte dei Marmi – LU (I)
Chiesa San Pantalon	Venezia (I)
Villa Nazionale Pisani	Strà - VE (I)
Chiesa di S.Maria Assunta	Ceglie Messapica – BS (I)
Fontana di Piazza Pretoria	Palermo (I)
Palazzo Vescovile	Lucera – FG (I)
Villa “La Rotonda”	Vicenza (I)
Campanile di Passarella	S.Donà di Piave – VE (I)
Chiesa del SS. Salvatore	S.Angelo di Brolo - ME (I)
Villa Tosi	Albignasego – PD (I)
Chiesa dell'Annunziata	Avola – SR (I)
Chiesa di S.Domenico	Città di Castello – PG (I)
Palazzo San Demetrio	Catania (I)
Chiesa delle Grazie	Grado – GO (I)
Cattedrale di Pienza	Pienza – SI (I)
Rocca dei Papi	Montefiascone – VT (I)

**C.T.S. S.R.L.**Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**

Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039

www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT**Milano**Via A.F. Stella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com**Firenze**Via L. Gordiniani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245078
cts.firenze@ctseurope.com**Roma**Via G. Fantoli, 26 - 00149
Tel. +39 06 55301779
Fax +39 06 5592891
cts.roma@ctseurope.com**Napoli**Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593118
cts.napoli@ctseurope.com

Nome del monumento/opera/cantiere	Località-Provincia (Nazione)
Palazzo Medici Riccardi	Firenze (I)
Campanile della Chiesa di Lobbia	Verona (I)
Duomo di Modena	Modena (I)
Duomo di Bisceglie	Bisceglie (I)
Ex Tribunale di Ortigia	Siracusa (I)
Torre Vanga	Trento (I)
Foro Boario	Vittorio Veneto – TV (I)
Collegio dei Gesuiti di Alcamo	Alcamo – TP (I)
Palazzo Bellomo	Siracusa (I)
Duomo di Castoreale	Castoreale – SR (I)
Ex-Convento di San Domenico	Augusta – SR (I)
Palazzo Fava	Bologna (I)
Basam. Campanile S.Frediano	Lucca (I)
Ex-Convento degli Agostiniani	Lecce (I)
Villa Poggi	Firenze (I)
Chiesa di San Paolo	Palazzolo Acreide - SR (I)
Basilica di Santa Croce	Firenze (I)
Basilica Palladiana	Vicenza (I)
Villa Farnesina	Roma (I)
Palazzo Terni De' Gregori	Crema (I)
San Giorgio in Lemine	Almenno San Salvatore (I)
Sacrario di Marzabotto	Marzabotto Bologna (I)
Castello di Luzzana	Luzzana – Bergamo (I)
Torre Campanaria	Baggio Milano (I)
Grand Hotel	S.Pellegrino Terme - BG (I)
Campanile Chiesa di S.Spirito	Firenze (I)
Palazzo Cusani e Chiesa di San Barnaba	Milano (I)
Santo Stefano a Sesto San Giovanni	Milano (I)
Chiesa di San Nicolò	Catania (I)
Basilica di San Paolo fuori le mura	Roma (I)
Cappella della tenuta di Trenzanesio	Rodamo - MI (I)
Villa Arconati	Bollate - MI (I)
Villa Sironi	Oggiono - LC (I)
Castello Sforzesco	Milano (I)
Mura storiche di Loreto	Loreto –PU (I)



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**

Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039

www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano

Via A.F. Stella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze

Via L. Gordiniani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245078
cts.firenze@ctseurope.com

Roma

Via G Fantoli, 26 - 00149
Tel. +39 06 55301779
Fax +39 06 5592891
cts.roma@ctseurope.com

Napoli

Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593118
cts.napoli@ctseurope.com

Vi riportiamo, di seguito, alcune **referenze internazionali** raccolte sul prodotto “**SILO 111**” :

Nome del monumento/opera/cantiere	Località–Provincia (Nazione)
Plaza Grande de Zafrá	Badajoz (E)
Jardim do Paco Episcopal	Castelo Branco (P)
Monasterio Santa Maria de Rueda	Sastago – Saragoza (E)
Convento de Santa Paula	Granada (E)
Palacio Episcopal	Murcia (E)
Chiesa Lauretana di Sonvico	Lugano (CH)
Palau de la Generalitat	Valencia (E)
Catedral de Palencia	Palencia (E)
Igreja Matriz de Cantanhede	Cantanhede (P)
Igreja señor das Barrocas	Aveiro (P)
Campanario de la Albaida	Valencia (E)
Igreja de Santa Cruz	Coimbra (P)
Torre del Camarin de la Iglesia de Santo Domingo	Malaga (E)
Iglesia de San Pedro	Avila (E)
Castillo de Sant Francesç	Castellon (E)
Torre del Oro	Sevilla (E)
Catedral – Portada Principal	Malaga (E)
Claustro de la Iglesia de Los Geronimos	Madrid (E)
Palacio Real Chancilleria	Granada (E)
Puente Romano de Cordoba, Torre de la Calahorra	Cordoba (E)
Puertas de la Catedral	Sevilla (E)
Iglesia Santa Cruz	Cadiz (E)
Torre de Arias Davila	Segovia (E)
Yacimiento arqueologico Motilla del Azuer	Daimiel – Ciudad Real (E)
Fachada principal Iglesia Santa Maria in Foris	Huesca (E)
Fuente del arca del Agua	Baeza – Jaen (E)
Convento Madre de Dios	San Lucar de Barrameda (E)
Colegiata Nuestra Senora De Las Nieves	Oilvares – Sevilla (E)
Cementerio	Granada (E)
Catedral	Tarragona (E)
Monasterio de las Santa Cruces	Aiguamurcia - Tarragona (E)
Alhambra (Puerta de los Granados)	Granada (E)
Iglesia del Salvador	Burriana (E)
Pintura mural – Capilla lateral sur – Iglesia San Joan	Tarragona (E)
Portada de Ventura Rodriguez - Catedral	Pamplona (E)
Capela Corpus Christi	Vila Nova de Gaia (P)
Monumento a Roca I Pi	Badalona (E)
Basilica di San Pietro	Città del Vaticano
Consolidacion Excavacion Arqueologica del Alcazar de Jerez y Catedral	Jerez de la Frontera - Cadiz



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**

Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039

www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano

Via A.F. Stella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze

Via L. Gordiniani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245078
cts.firenze@ctseurope.com

Roma

Via G. Fantoli, 26 - 00149
Tel. +39 06 55301779
Fax +39 06 5592891
cts.roma@ctseurope.com

Napoli

Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593118
cts.napoli@ctseurope.com

Nome del monumento/opera/cantiere	Località-Provincia (Nazione)
Banco Urquijo - Fachada	Valencia
Universidade de Coimbra – Torre de Cabra	Coimbra (P)
Claustro de la Catedral de Pamplona	Pamplona
Convento Sta. Clara	Sevilla
Hospital Sant Pau	Barcelona
Ampliacion Museo Arqueologico	Cordoba
Monasterio del Escorial	Madrid
Fachada Paseo de Gracia	Barcelona
Arco de Sta: Maria	Burgos
Iglesia de San Jose	Cadiz
Iglesia de Ricla – Torre del Campanario	Ricla – Zaragoza
Sagrada Familia	Barcelona
Rehabilitacion Fachadas Edificio Avda. Pio XII	Madrid
Vivienda Jaime Bayon	Peñafiel-Valladolid
Iglesia de la Asuncion	Luque-Cordoba
Iglesia de San Juan de los Caballeros	Jerez de la Frontera – Cadiz
Portada del Perdon - Catedral de Sevilla	Sevilla
Iglesia Convento de Santo Tomas	Avila
Claustro Catedral de Oviedo	Oviedo
Fachada Principal de la Iglesia de la Asuncion	Luque – Cordoba
Santuario de San Juan de Avila	Montilla – Cordoba
Ermita de Santa Cristina	Pola de Lena – Asturias
Catedral de la Almudena	Madrid
Colegio Mayor Argentino	Madrid
Arco da Rua Augusta	Lisboa - Portugal
Monasterio de Batalha	Batalha - Portugal
Monasterio de la Vid	Burgos
Fachada Principal del Hotel Real Santander	Santander
Esculturas de Velazquez y Berruguete de la Fachada Principal del Museo Arqueologico Nacional de Madrid	Madrid



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**
Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039
www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano
Via A.F. Stella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze
Via L. Gordiniani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245078
cts.firenze@ctseurope.com

Roma
Via G. Fantoli, 26 - 00149
Tel. +39 06 55301779
Fax +39 06 5592891
cts.roma@ctseurope.com

Napoli
Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593118
cts.napoli@ctseurope.com

FLUOLINE HY

PROTETTIVO RIAGGREGANTE A BASE DI COPOLIMERI FLUORURATI

CARATTERISTICHE TECNICHE

Aspetto:	liquido
Colore:	incoloro
Tempo di essiccazione:	ca. 1-2 ore (a 23° C)
Contenuto di secco:	3%
Peso specifico:	0,86 ± 0,01 kg/lit
Viscosità (Brookfield):	20-100 cP

DESCRIZIONE

FLUOLINE HY è un protettivo idro-oleo repellente pronto all'uso a base di copolimeri fluorurati (peso molecolare attorno a 400.000 u.m.a.), in miscela di acetone/butile acetato.

SETTORI D'IMPIEGO

FLUOLINE HY può essere utilizzato per il preconsolidamento e la protezione di manufatti lapidei naturali e artificiali, intonaci e pitture murali.

VANTAGGI

- Elevato potere protettivo sia nei confronti dell'acqua che delle sostanze oleose, incluse le scritte vandaliche (graffiti).
- Facilità di applicazione.
- Completa reversibilità in acetone.
- Inerzia chimica ed elevata resistenza agli agenti atmosferici.
- Assenza di variazioni cromatiche dei materiali trattati.

EFFETTO ANTISCRITTA

FLUOLINE HY può essere utilizzato come antiscritta sacrificale. Numerosi studi condotti sugli elastomeri fluorurati (bibliografia disponibile su richiesta), hanno dimostrato la loro efficacia come barriera nei confronti dei più comuni materiali utilizzati nelle azioni vandaliche su monumenti.

L'elevata reversibilità del **FLUOLINE HY** fa sì che il solvente contenuto negli spray e nelle vernici lo scioglia parzialmente, permettendo l'inglobamento del residuo solido degli stessi.

A seguito dell'asciugatura, pigmenti e coloranti rimangono intrappolati nella matrice polimerica dell'elastomero, che può essere successivamente rimosso con solventi polari (acetone, acetati, sverniciatori), portando via con sé la "scritta".

Al termine dell'operazione di rimozione è necessario riapplicare il **FLUOLINE HY**.

Per l'utilizzo come antiscritta è bene aumentare il dosaggio, applicando almeno due mani bagnato su bagnato.

E' consigliato come alternativa al classico antiscritta **ART SHIELD 1**, se le superfici sono particolarmente porose ed assorbenti (arenarie, tufi, intonaci,...).

FLUOLINE HY rimane reversibile anche a distanza di anni, essendo stabile e non interagendo chimicamente con alcun tipo di manufatto lapideo.

LIMITI

- La bassa temperatura di transizione fa sì che il materiale rimanga sempre elastico: questo può portare ad assorbimento di particolato, che potrà causare un ingrigimento della superficie trattata. Se ne sconsiglia l'uso su pietre molto chiare (travertino, marmo di Carrara, pietra d'Istria,...).
- Per la sua elevata idrorepellenza non è possibile far seguire al trattamento con **FLUOLINE HY** altri trattamenti a base acquosa (velature, patinature, ritocchi pittorici....).



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**

Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039

www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano

Via A.F. Stella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze

Via L. Gordiniani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245078
cts.firenze@ctseurope.com

Roma

Via G. Fantoli, 26 - 00149
Tel. +39 06 55301779
Fax +39 06 5592891
cts.roma@ctseurope.com

Napoli

Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593118
cts.napoli@ctseurope.com

MODALITÀ D'USO

FLUOLINE HY è pronto all'uso. Si applica preferibilmente a pennello. Nel caso si ritenga necessaria l'applicazione a spruzzo con attrezzature airless, si consiglia una leggera diluizione con ulteriore butile acetato.

Non applicare con temperature inferiori ai 5° C.

RESA

Per determinare la quantità di prodotto da applicare per ottenere il desiderato effetto protettivo-riaggregante si consiglia di effettuare prove preliminari in situ e/o in laboratorio. Nella maggior parte dei casi la resa varierà tra 1-3 m² di superficie trattata per litro di prodotto.

Per l'effetto anticrittura avremo rese tra 0,5 e 2 m².

STOCCAGGIO

12 mesi in recipienti originali ermeticamente chiusi a temperatura di circa 20° C.

SPECIFICHE PER CAPITOLATO D'APPALTO

Prodotto protettivo pronto all'uso a base di copolimeri fluorurati elastomerici in solvente a bassa tossicità, reversibile, resistente ai raggi UV. Presenta elevata permeabilità al vapor d'acqua, oleorepellenza ed idrorepellenza, anche dopo invecchiamento. Non altera il cromatismo degli elementi lapidei su cui viene applicato.

CONFEZIONI:

FLUOLINE HY è disponibile nelle confezioni da:
1 - 5 - 25 lt.

Le informazioni contenute in questa scheda si basano sulle nostre conoscenze e prove di laboratorio alla data dell'ultima versione. L'utilizzatore deve assicurarsi della idoneità del prodotto in relazione allo specifico uso tramite prove preliminari, ed è tenuto ad osservare le leggi e le disposizioni vigenti in materia di igiene e sicurezza.

C.T.S. S.r.l. garantisce la qualità costante del prodotto ma non risponde di eventuali danni causati da un uso non corretto del materiale. Prodotto destinato esclusivamente **ad uso professionale**. Inoltre, possono variare in qualsiasi momento i componenti e le confezioni senza obbligo di comunicazione alcuna.



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI)** - Italy

Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039

www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano
Via A.F. Stella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze
Via L. Gordiniani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245078
cts.firenze@ctseurope.com

Roma
Via G. Fantoli, 26 - 00149
Tel. +39 06 55301779
Fax +39 06 5592891
cts.roma@ctseurope.com

Napoli
Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593118
cts.napoli@ctseurope.com

Vi riportiamo, di seguito, alcune **referenze** raccolte sulla **“LINEA FLUOLINE”** :

Nome del monumento/opera/cantiere	Località – Provincia (Nazione)
Abbazia di Valle Christi	Rapallo - Genova
Vetri dorati Museo Diocesano Bollettino ICR 13	Recanati (MC)
Torre della Rocca Sillana	Pomarance - Pisa
Obelisco di Piazza dell'Unità Italiana	Firenze
Statue della Facciata di Palazzo Corsini	Firenze
Facciata della Chiesa di San Nicola	Excenex - Aosta
Mummia “La Morta di Agrano” della Parrocchiale di San Maiolo (Malvisi)	Agrano (VB)
Tela Sironi “Le Opere e i Giorni”, 1933 (Rossi Doria e Buzzegoli)	
Iglesia de Los Santos Juanes	Valencia (E)
Iglesia de Santa Lucia	Zamora (E)
Terracotta policroma XV secolo	Fiesole (Firenze)
Consolidamento e integrazioni di statue in terracotta policroma del <i>Compianto sul Cristo morto</i> , Michele da Firenze (prima metà '400)	Modena (I)
Sipario Storico del Teatro del Popolo (Iacopini)	Castelfiorentino – (FI)
Chiesa di Santa Caterina	Assisi (PG)
Portella Panunzi	Ancona
Basilica della Porziuncola	S.Maria degli Angeli (PG)
Statua di Tony Cragg	Lugano (Svizzera)
Torre della Ghirlandina	Modena
Cortina muraria della nuova sede della Cassa di Risparmio di Firenze	Firenze (I)
Protezione di due mohai dell'Isola di Pasqua	Isola di Pasqua - Cile
Muro di cinta del Lingotto	Torino
Ospedale di Santa Maria Nuova	Firenze (I)
Pietre nuove dell'atrio degli Uffizi	Firenze (I)
Facciata della chiesa	Fove del Grappa
Pieve di San Zaccaria	Godiasco (PV)
Villa di Nerone	Anzio (RM)

Appendice B

- Schede campionamenti
- Campionamento patine – Spettrometrie FT-IR

Schede campionamenti

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	M1
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 7 – PROSPETTO SUD
Descrizione del punto prova/prelievo:	Frammento di MARMO BIANCO, Lato 7 Prospetto Sud, parasta dx portale di ingresso
Descrizione del campione prelevato:	MARMO BIANCO
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-008.JPG - BattisteroSGIC-20180525-006.JPG
Foto campione:	-



Immagine 1: BattisteroSGIC-20180525-008.JPG



Immagine 2: BattisteroSGIC-20180525-006.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	V1
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 7 – PROSPETTO SUD
Descrizione del punto prova/prelievo:	Frammento di Serpentino, Lato 7 Prospetto Sud,
Descrizione del campione prelevato:	SERPENTINO
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-010.JPG - BattisteroSGIC-20180525-009.JPG
Foto campione:	-

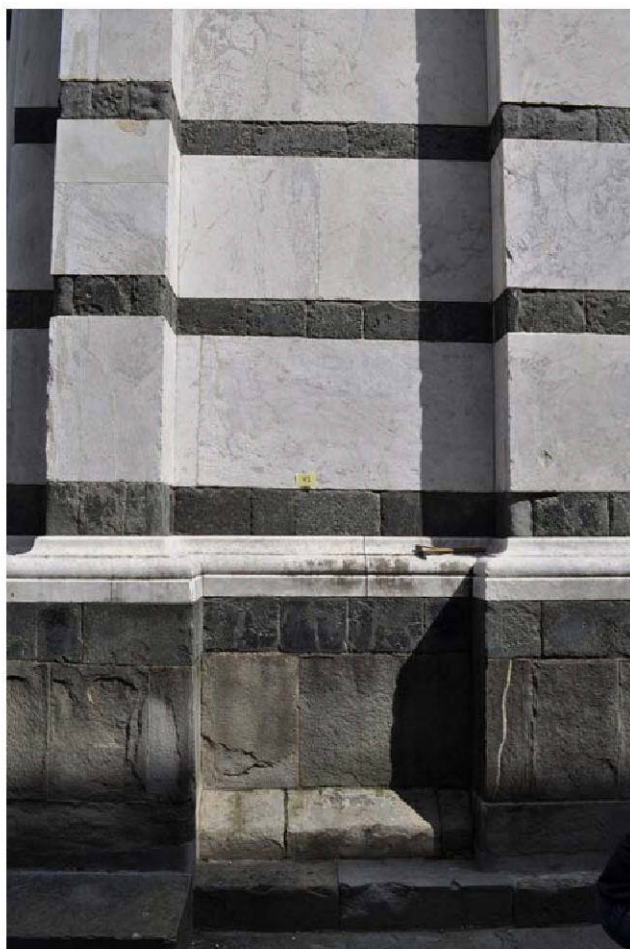


Immagine 3: BattisteroSGIC-20180525-010.JPG



Immagine 4: BattisteroSGIC-20180525-009.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Campionamento patine
ID campione:	P1
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 7 – PROSPETTO SUD
Descrizione del punto prova/prelievo:	Patina su MARMO BIANCO, Lato 7 Prospetto Sud
Descrizione del campione prelevato:	PATINA
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-010.JPG - BattisteroSGIC-20180525-015.JPG
Foto campione:	-

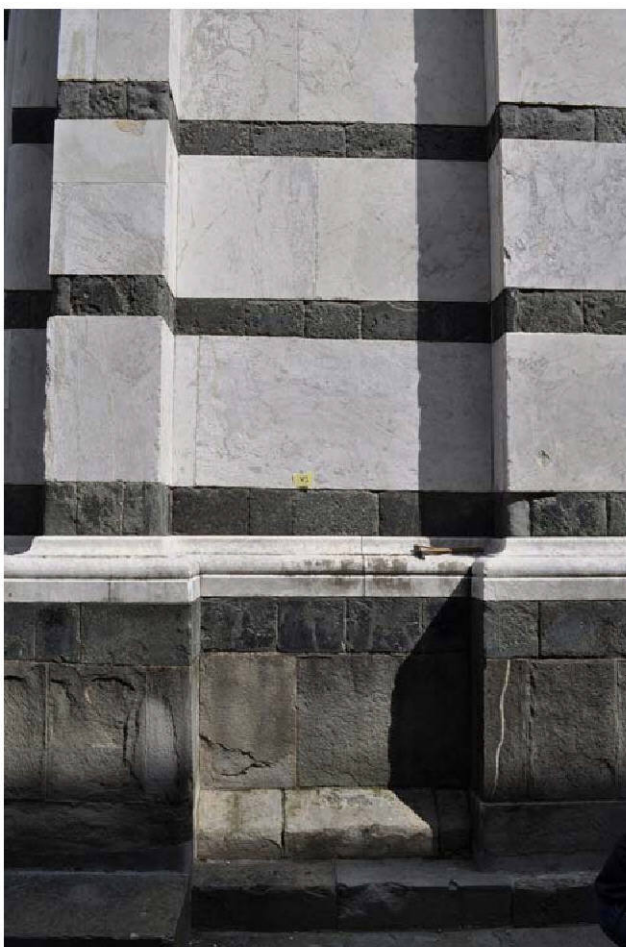


Immagine 5: BattisteroSGIC-20180525-010.JPG

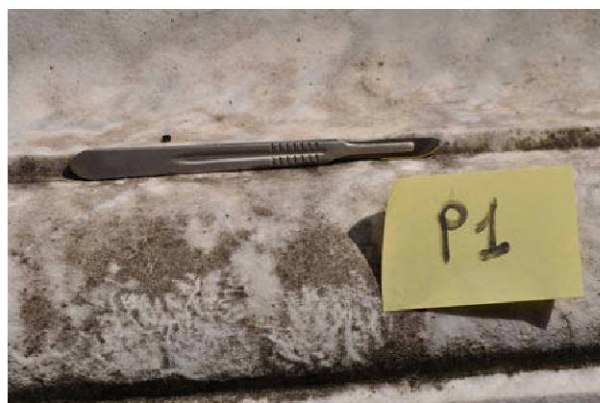


Immagine 6: BattisteroSGIC-20180525-015.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Campionamento patine
ID campione:	P2
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 7 – PROSPETTO SUD
Descrizione del punto prova/prelievo:	Patina su Serpentino, Lato 7 Prospetto Sud
Descrizione del campione prelevato	PATINA
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-020.JPG - BattisteroSGIC-20180525-019.JPG
Foto campione:	-



Immagine 7: BattisteroSGIC-20180525-020.JPG



Immagine 8: BattisteroSGIC-20180525-019.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	M2
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 2 – PROSPETTO NORD-EST
Descrizione del punto prova/prelievo:	Frammento di MARMO BIANCO - scaglie, Lato 2 Prospetto Nord-Est
Descrizione del campione prelevato:	MARMO BIANCO - SCAGLIE
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-026.JPG - BattisteroSGIC-20180525-025.JPG
Foto campione:	-



Immagine 9: BattisteroSGIC-20180525-026.JPG



Immagine 10: BattisteroSGIC-20180525-025.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	M3
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 2 – PROSPETTO NORD-EST
Descrizione del punto prova/prelievo:	Frammento di MARMO BIANCO - incluso, Lato 2 Prospetto Nord-Est
Descrizione del campione prelevato:	MARMO BIANCO - INCLUSO
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-039.JPG - BattisteroSGIC-20180525-037.JPG
Foto campione:	-



Immagine 11: BattisteroSGIC-20180525-039.JPG

Immagine 12: BattisteroSGIC-20180525-037.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	M4
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 2 – PROSPETTO NORD-EST
Descrizione del punto prova/prelievo:	Frammento di MARMO BIANCO - sbollatura, Lato 2 Prospetto Nord-Est
Descrizione del campione prelevato:	MARMO BIANCO - SBOLLATURA
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-043.JPG - BattisteroSGIC-20180525-044.JPG
Foto campione:	-

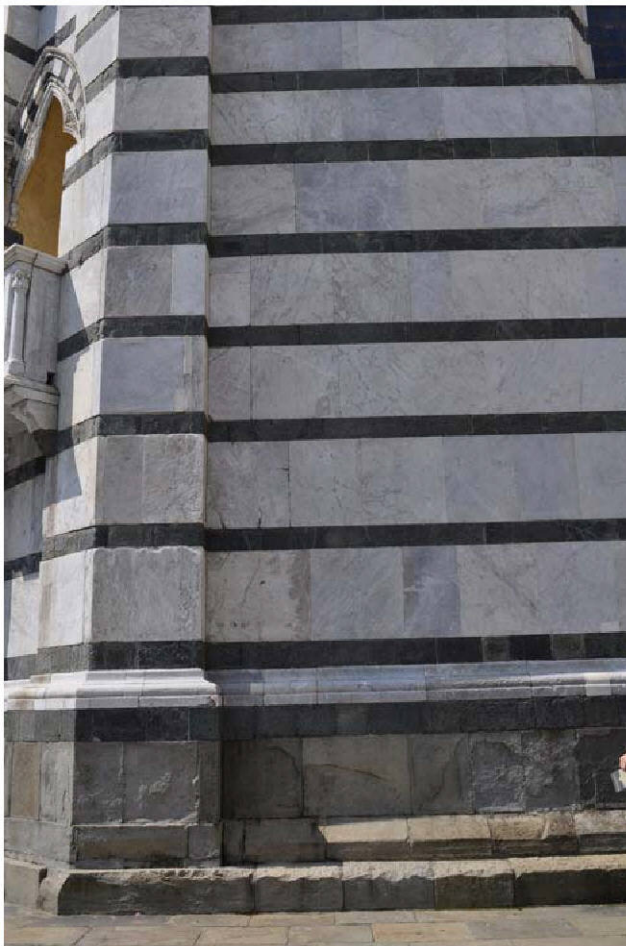


Immagine 13: BattisteroSGIC-20180525-043.JPG

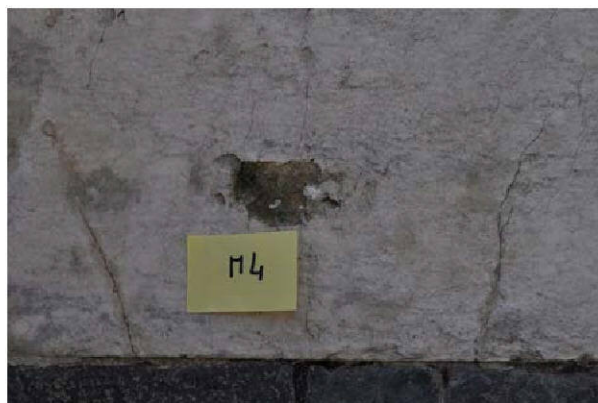


Immagine 14: BattisteroSGIC-20180525-044.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	V2
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 2 – PROSPETTO NORD-EST
Descrizione del punto prova/prelievo:	Frammento di Serpentino, Lato 2 Prospetto Nord-Est
Descrizione del campione prelevato:	SERPENTINO
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-039.JPG - BattisteroSGIC-20180525-028.JPG
Foto campione:	-



Immagine 15: BattisteroSGIC-20180525-039.JPG

Immagine 16: BattisteroSGIC-20180525-028.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	V3
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 2 – PROSPETTO NORD-EST
Descrizione del punto prova/prelievo:	Frammento di Serpentino Alterato, Lato 2 Prospetto Nord-Est
Descrizione del campione prelevato:	SERPENTINO ALTERATO
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-033.JPG - BattisteroSGIC-20180525-031.JPG
Foto campione:	-



Immagine 17: BattisteroSGIC-20180525-033.JPG

Immagine 18: BattisteroSGIC-20180525-031.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	M5
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 4 – PROSPETTO NORD-OVEST
Descrizione del punto prova/prelievo:	Frammento di MARMO BIANCO, Lato 4 Prospetto Nord-Ovest
Descrizione del campione prelevato:	MARMO BIANCO
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-051.JPG - BattisteroSGIC-20180525-052.JPG
Foto campione:	-



Immagine 19: BattisteroSGIC-20180525-051.JPG



Immagine 20: BattisteroSGIC-20180525-052.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	M6
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 4 – PROSPETTO NORD-OVEST
Descrizione del punto prova/prelievo:	Stuccatura rossa su MARMO BIANCO, Lato 4 Prospetto Nord-Ovest
Descrizione del campione prelevato:	STUCCATURA
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-051.JPG - BattisteroSGIC-20180525-052.JPG
Foto campione:	-



Immagine 21: BattisteroSGIC-20180525-051.JPG



Immagine 22: BattisteroSGIC-20180525-052.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Sezioni sottili / campionamenti patine – Spettroscopia FTIR – misurazioni porosità
ID campione:	V4
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 4 – PROSPETTO NORD-OVEST
Descrizione del punto prova/prelievo:	Frammento di Serpentino, Lato 4 Prospetto Nord-Ovest
Descrizione del campione prelevato:	SERPENTINO
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-055.JPG - BattisteroSGIC-20180525-054.JPG
Foto campione:	-



Immagine 23: BattisteroSGIC-20180525-055.JPG



Immagine 24: BattisteroSGIC-20180525-054.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Campionamento patine
ID campione:	P3
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 8 – PROSPETTO SUD-EST – LIVELLO BALAUSTRATA
Descrizione del punto prova/prelievo:	Patina su MARMO BIANCO, Lato 8 Prospetto Sud – Est – Livello Balaustra – 6° balaustrino da sx da interno ballatoio
Descrizione del campione prelevato:	PATINA
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-095.JPG - BattisteroSGIC-20180525-092.JPG
Foto campione:	-

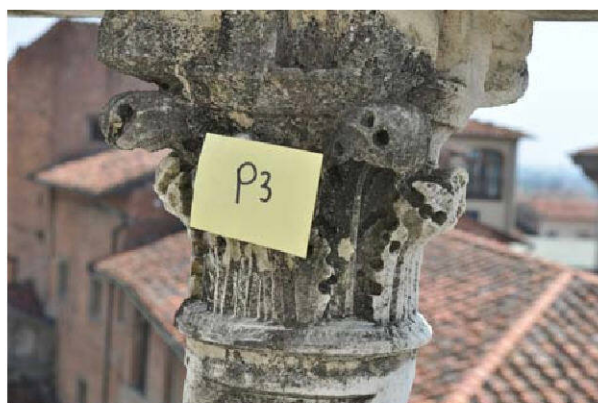


Immagine 25: BattisteroSGIC-20180525-095.JPG

Immagine 26: BattisteroSGIC-20180525-092.JPG

Soggetto:	BATTISTERO DI SAN GIOVANNI IN CORTE - PISTOIA
Data:	25/05/2018
Tipo di Prova:	- Campionamento patine
ID campione:	P4
Prova/Prelievo effettuato da:	LAM
Localizzazione prova/campione:	LATO 8 – PROSPETTO SUD-EST – LIVELLO BALAUSTRATA
Descrizione del punto prova/prelievo:	Patina su MARMO BIANCO, Lato 8 Prospetto Sud – Est – Livello Balaustra – Lesena verso lato 1
Descrizione del campione prelevato:	PATINA
Foto punto prova/prelievo:	BattisteroSGIC-20180525-101.JPG - BattisteroSGIC-20180525-099.JPG
Foto campione:	-



Immagine 27: BattisteroSGIC-20180525-101.JPG

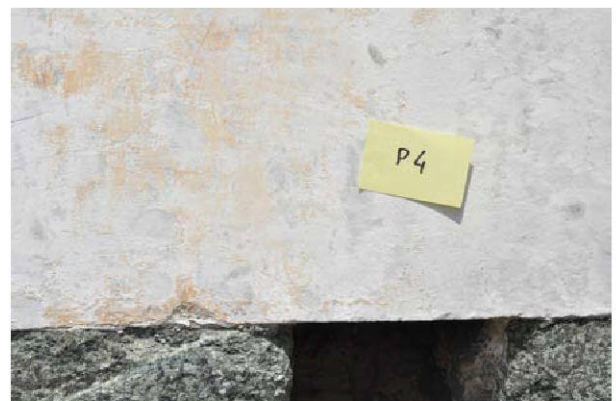


Immagine 28: BattisteroSGIC-20180525-099.JPG

Campionamento patine – Spettrometrie FT-IR

Nota:

Nei nomi dei campioni sono indicati il lato del battistero, l'esposizione, e in ultimo il progressivo della prova. Nell'elenco che segue sono riassunti tutti i dati per ogni prova, comprese le informazioni reperite nei progetti sui trattamenti che dovrebbero essere stati eseguiti e l'anno dell'ultimo trattamento.

L2_NE_P16: Lato 2 NordEst, patina su marmo bianco, anno di trattamento 2014: prodotti: trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit; potrebbero trovarsi: scialbatura a calce per riequilibratura colore e elastomeri fluororati diluiti in acetone per stuccature.

L2_NE_P17: Lato2 NordEst, patina su arenaria, anno di trattamento 2014: trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%, probabile presenza di Silicato di etile.

L2_NE_P18: Lato2 NordEst, patina su serpentino, anno di trattamento 2017: trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione con elastomero fluorurato diluite in acetone/butile acetato (probabilmente Fluoline o Akeogard).

L2_NE_P19: Lato2 NordEst, patina su marmo bianco, anno di trattamento 2000: prodotti: probabile scialbatura a calce; preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit

L4_NO_P13: Lato4 NordOvest, patina (superficie esterna) su marmo bianco, anno di trattamento 2017: trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione con elastomero fluorurato diluite in acetone/butile acetato (probabilmente Fluoline).

L4_NO_P14: Lato4 NordOvest, patina (superficie esterna) su arenaria, anno di trattamento 2017: trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-

4%; protezione con elastomero fluorurato diluite in acetone/butile acetato (probabilmente Fluoline).

L4_NO_P15: Lato4 NordOvest, patina (superficie esterna) su serpentino, anno di trattamento 2017: trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione con elastomero fluorurato diluite in acetone/butile acetato (probabilmente Fluoline).

L6_SO_P12: Lato6 SudOvest, patina su arenaria, anno di trattamento 2000: prodotti: probabile scialbatura a calce. Preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit, poi protezione con gomme (forse elastomero) fluorurate diluite in acetone/butile acetato (probabilmente un prodotto Fluoline o Akeogard a base di copolimeri fluorurati o simili).

L7_Sud_P1: Lato7 SUD, patina su marmo bianco, anno di trattamento 2000: prodotti: probabile scialbatura a calce. Preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit

L7_Sud_P2: Lato7 SUD, patina su serpentino, anno di trattamento 2000: prodotti: preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con gomme (forse elastomero) fluorurate diluite in acetone/butile acetato (probabilmente un prodotto Fluoline o Akeogard a base di copolimeri fluorurati o simili).

L7_S_P10: Lato7 SUD, patina su marmo bianco, anno di trattamento 2000: prodotti: probabile scialbatura a calce. Preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit

L7_S_P11: Lato7 SUD, patina su arenaria, anno di trattamento 2000: prodotti: preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit, poi protezione con gomme (forse elastomero) fluorurate diluite in acetone/butile acetato (probabilmente un prodotto Fluoline o Akeogard a base di copolimeri fluorurati o simili).

L7_S_P9: Lato 7 Sud, stuccatura su marmo bianco, anno di trattamento 2000: prodotti: gomme (forse elastomero) fluorurate diluite in acetone e inerti, presumibilmente marmo apuano.

L8_Bal_P3: Lato 8 SudEst Balastra coronamento, patina su marmo bianco, anno di trattamento 2000: prodotti: preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit

L8_Muro_P4: Lato 8 SudEst Lastra coronamento, patina su marmo bianco, anno di trattamento 2000: prodotti: preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit; potrebbero trovarsi: scialbatura a calce per riequilibratura colore e elastomeri fluororati diluiti in acetone per stuccature.

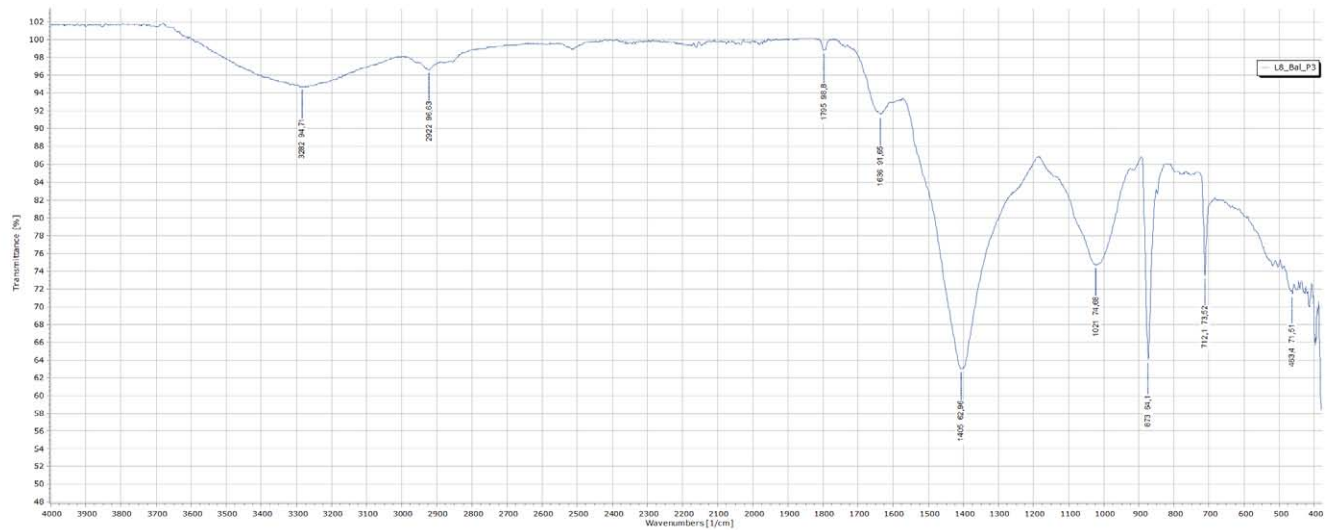
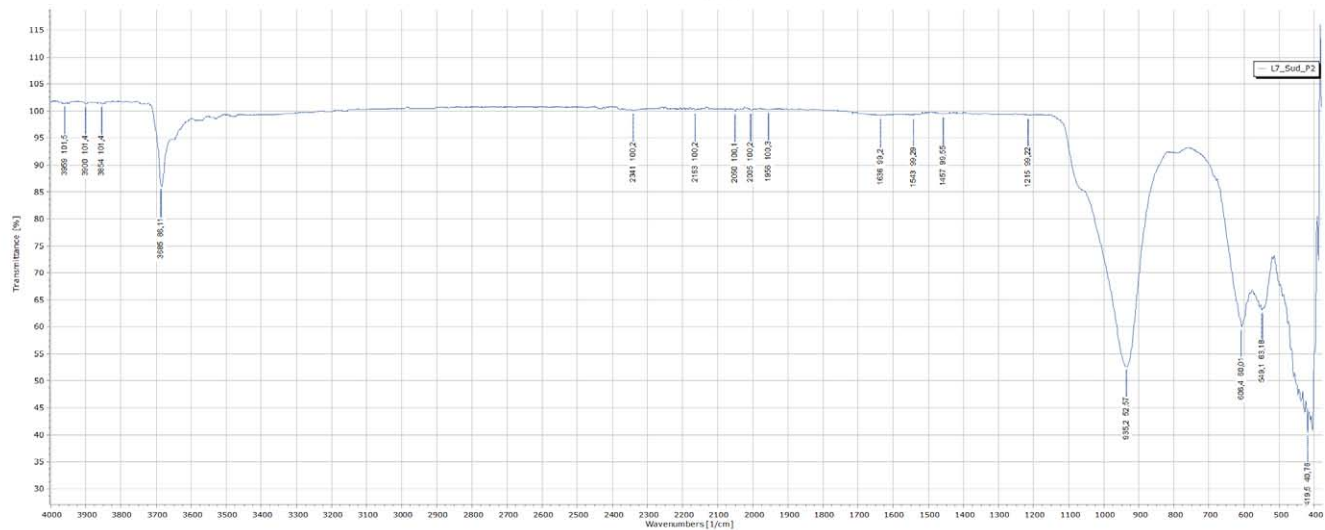
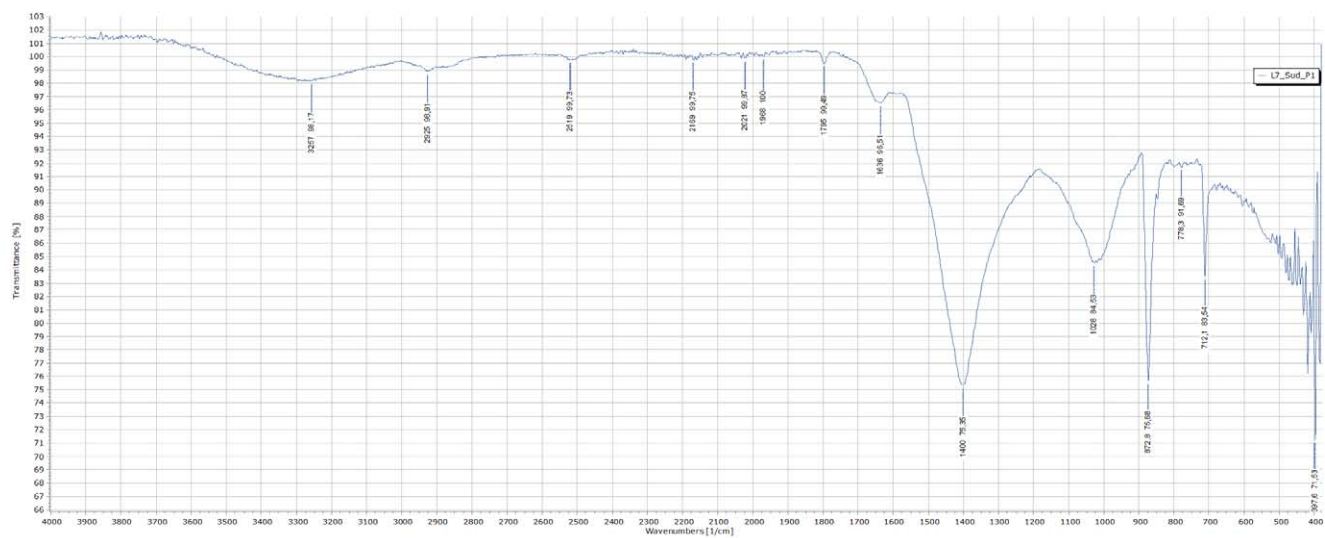
L8_SE_P5: Lato 8 SudEst, patina su marmo bianco, anno di trattamento 2000: prodotti: preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit.

L8_SE_P6: Lato 8 SudEst, stuccatura su serpentino, anno di trattamento 2000: prodotti: gomme (forse elastomero) fluorurate diluite in acetone e inerti, presumibilmente serpentino.

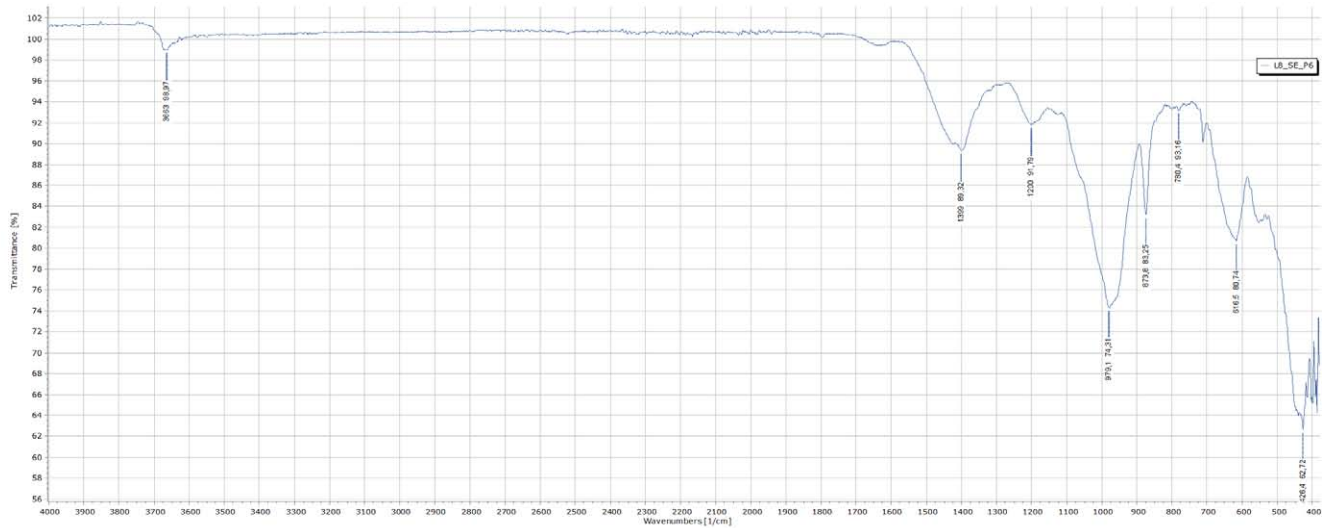
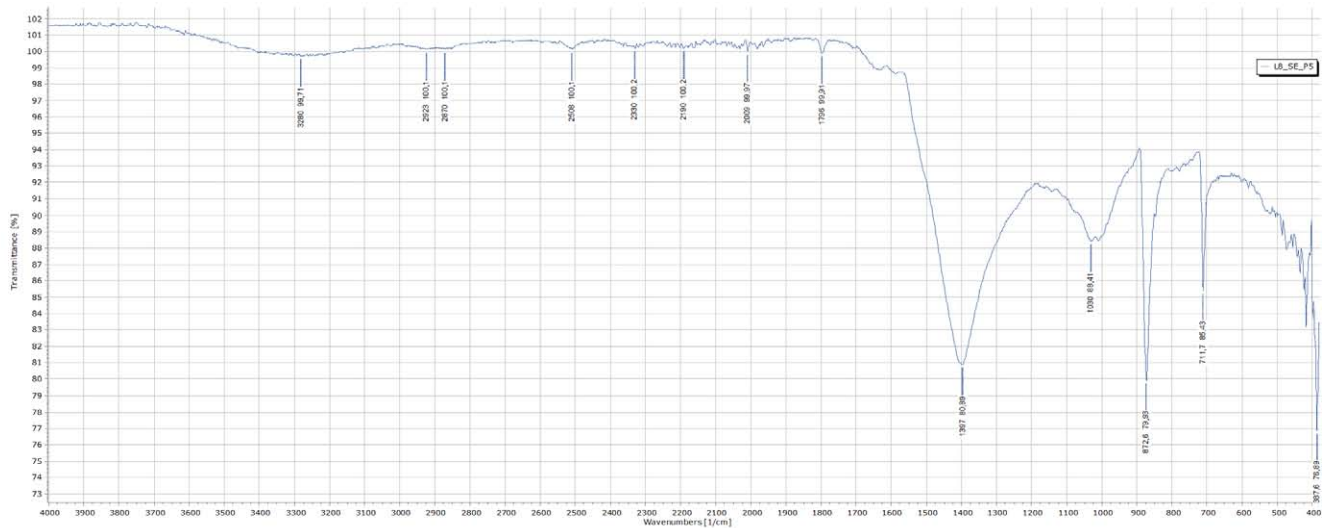
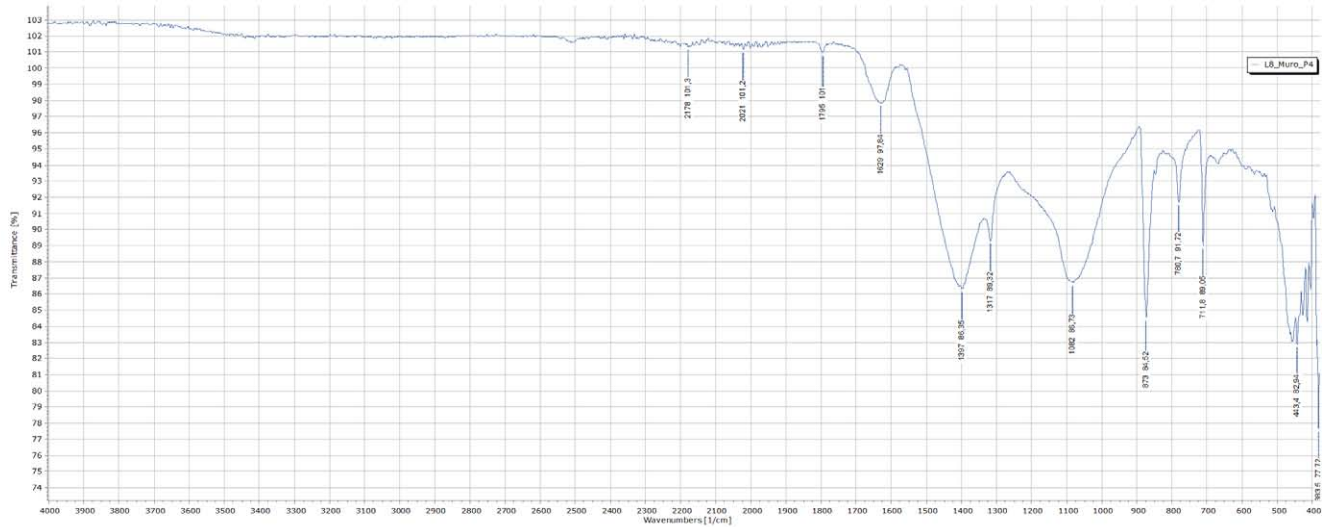
L8_SE_P7: Lato8 SudEst, patina su serpentino, anno di trattamento 2000: prodotti: preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con gomme (forse elastomero) fluorurate diluite in acetone/butile acetato (probabilmente un prodotto Fluoline o Akeogard a base di copolimeri fluorurati o simili).

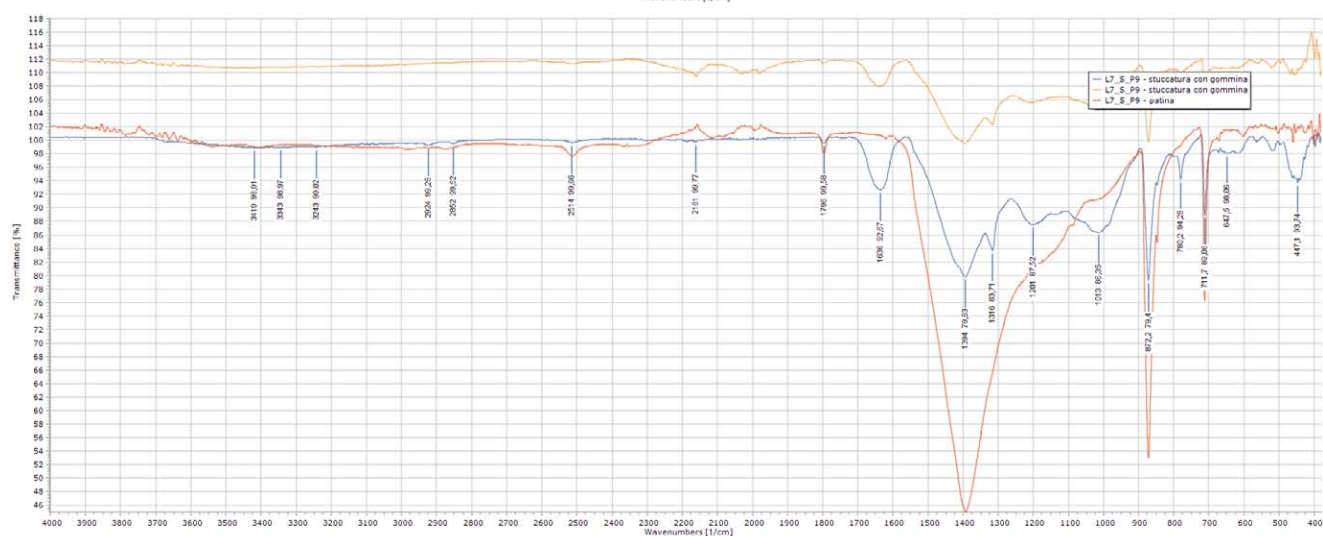
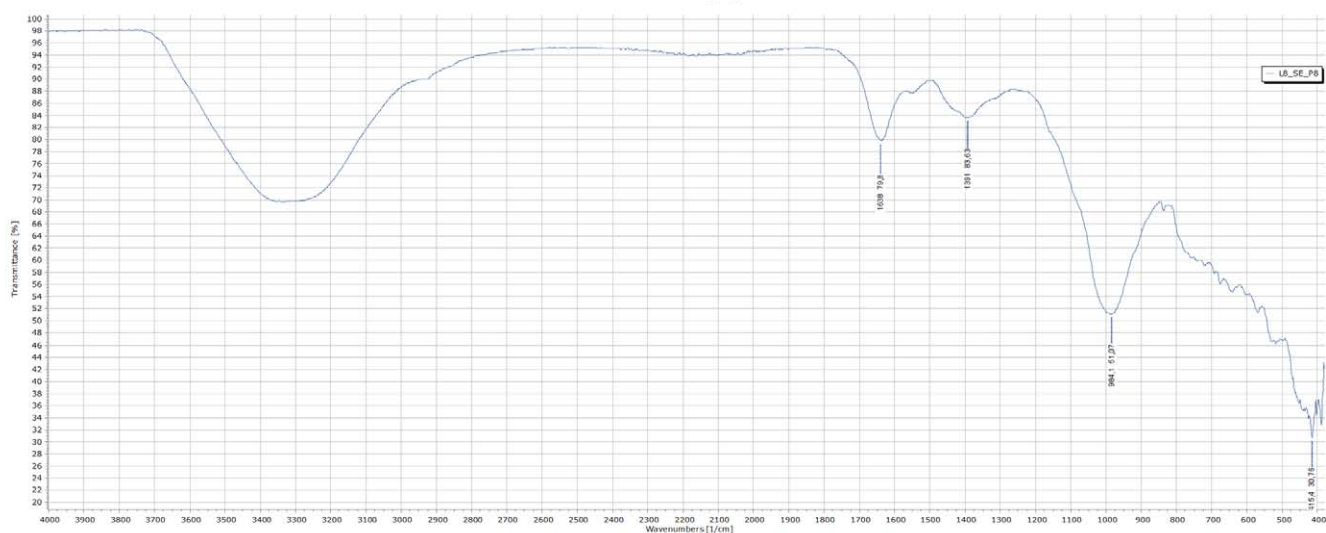
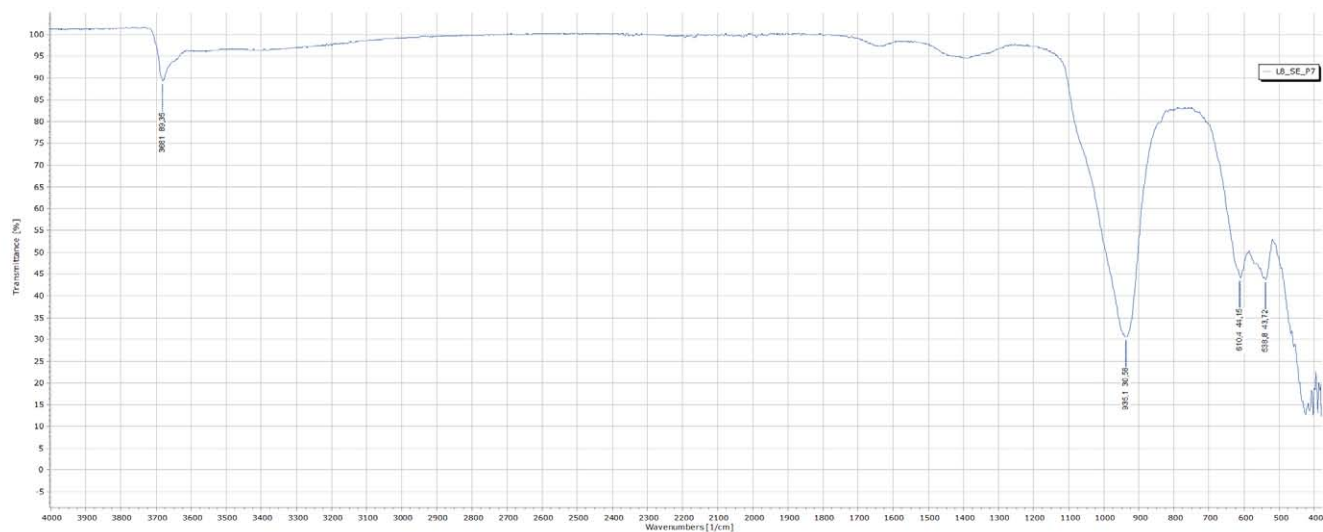
L8_SE_P8: Lato8 SudEst, patina su arenaria, anno di trattamento 2000: prodotti: probabile scialbatura a calce. Preconsolidamento: silicato di etile, trattamento biocida: cloruro di benzalconio in soluzione acquosa 3-4%; protezione: primo trattamento con White Spirit, poi protezione con dimetilpolisilossani diluiti in white spirit, poi protezione con gomme (forse elastomero) fluorurate diluite in acetone/butile acetato (probabilmente un prodotto Fluoline o Akeogard a base di copolimeri fluorurati o simili).

Seguono Spettrometrie FT-IR.



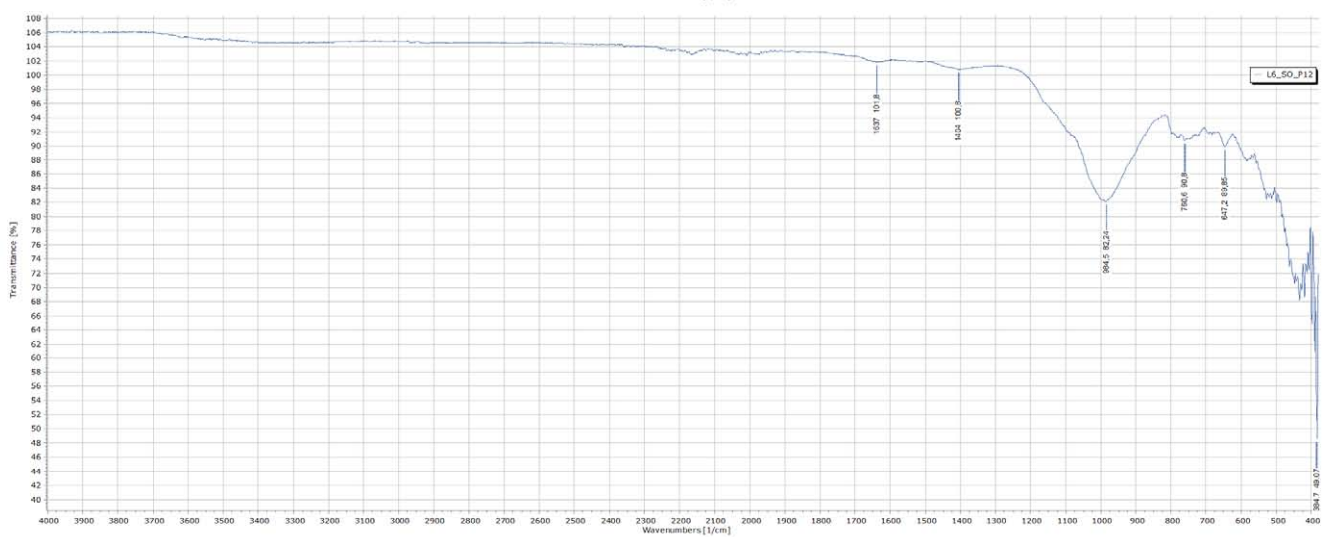
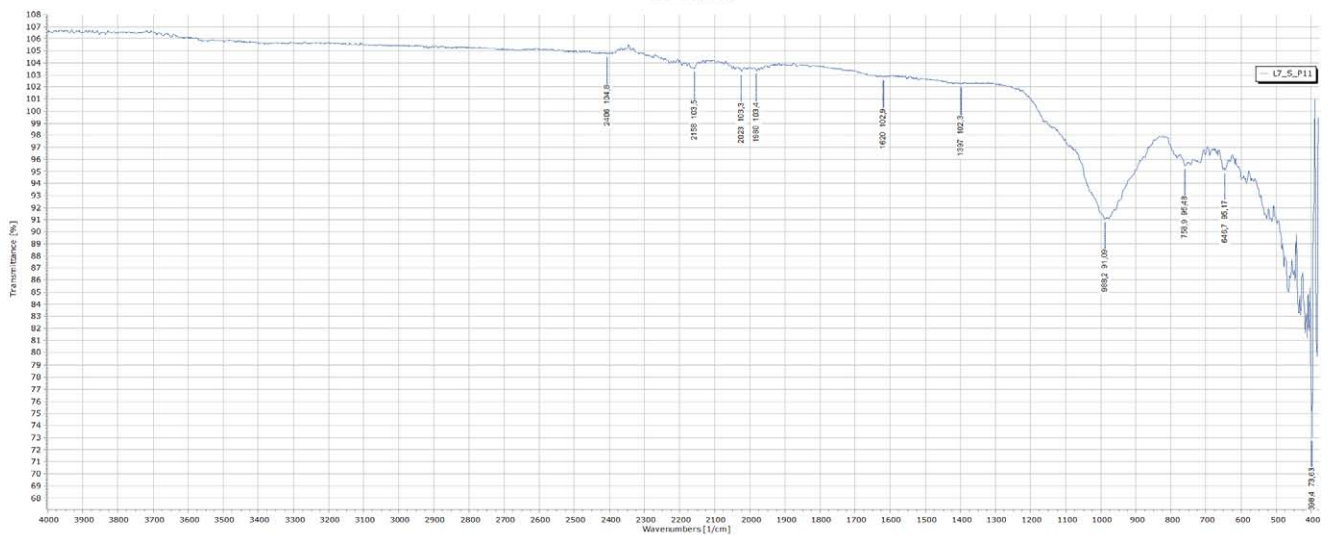
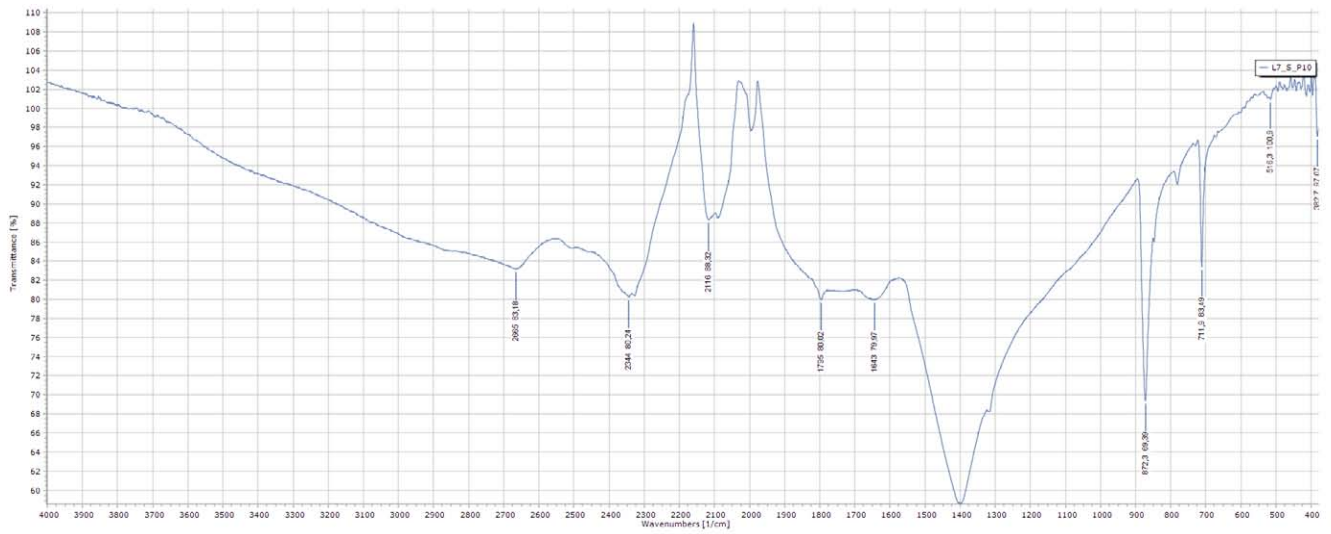
Appendice B

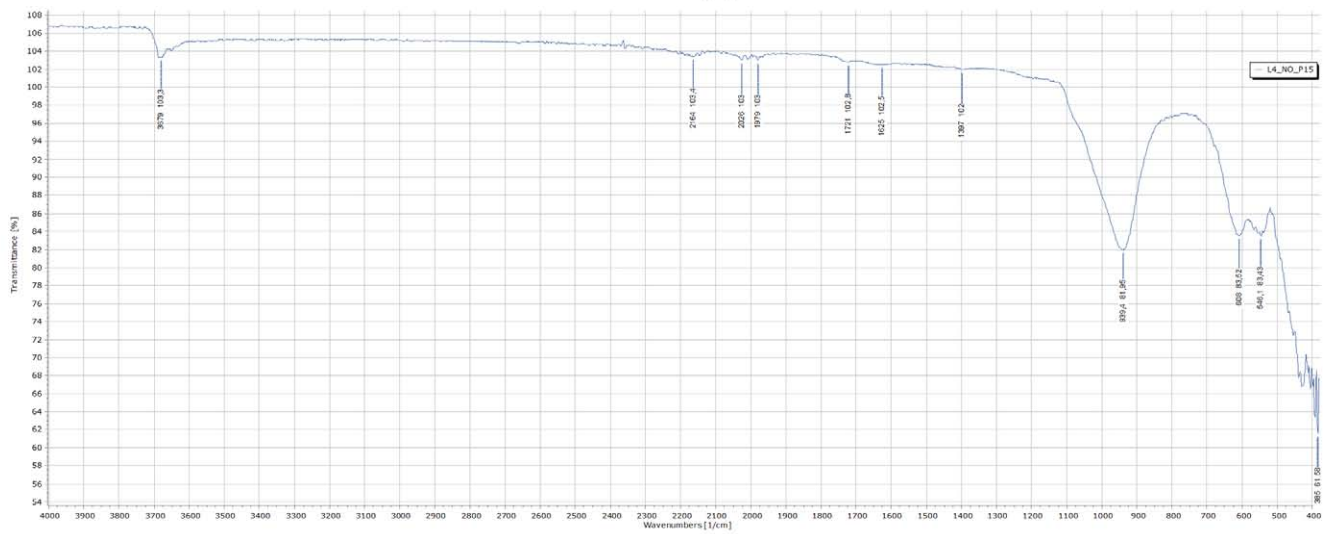
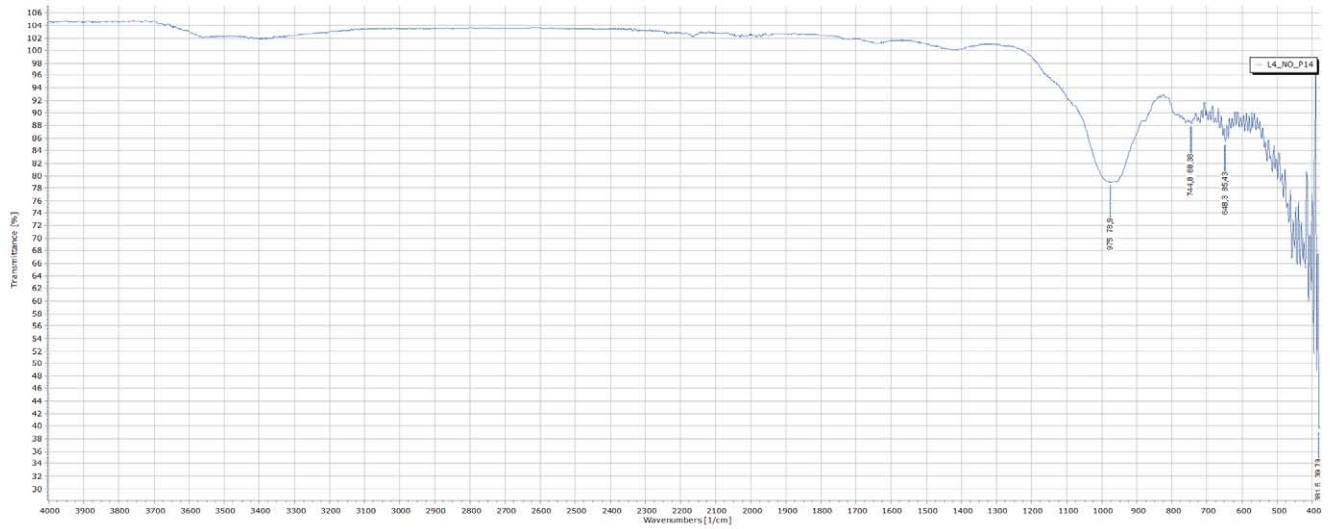
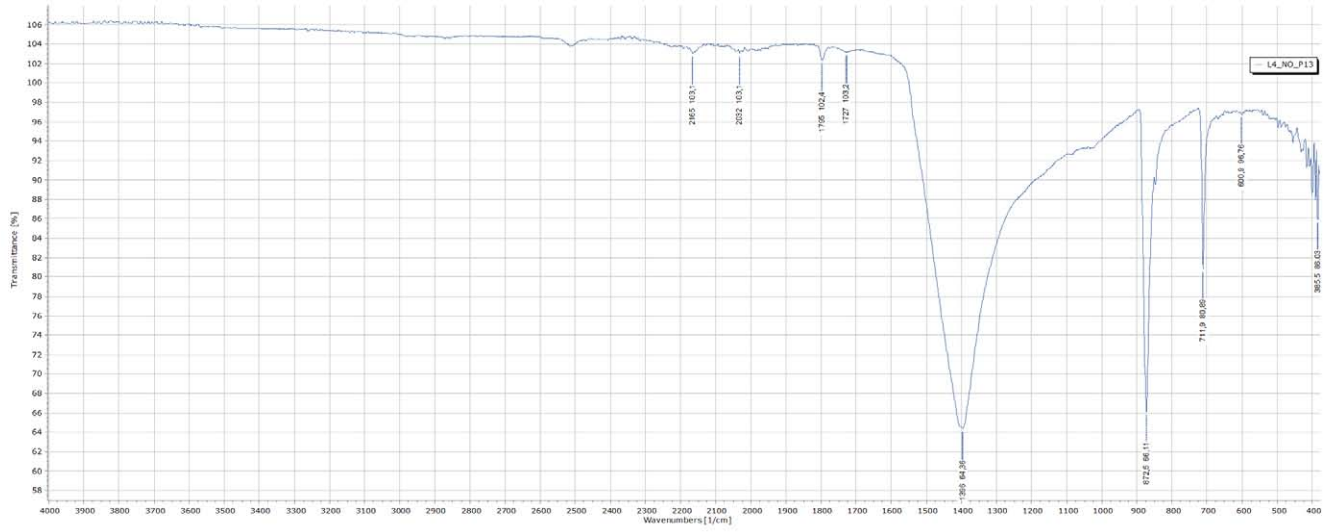




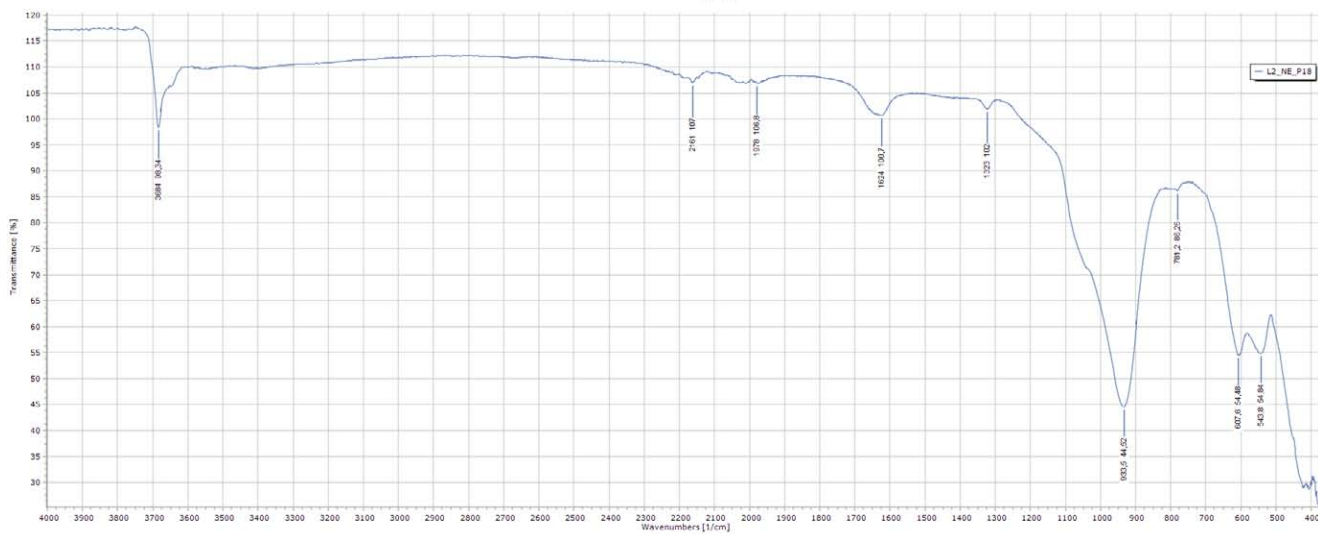
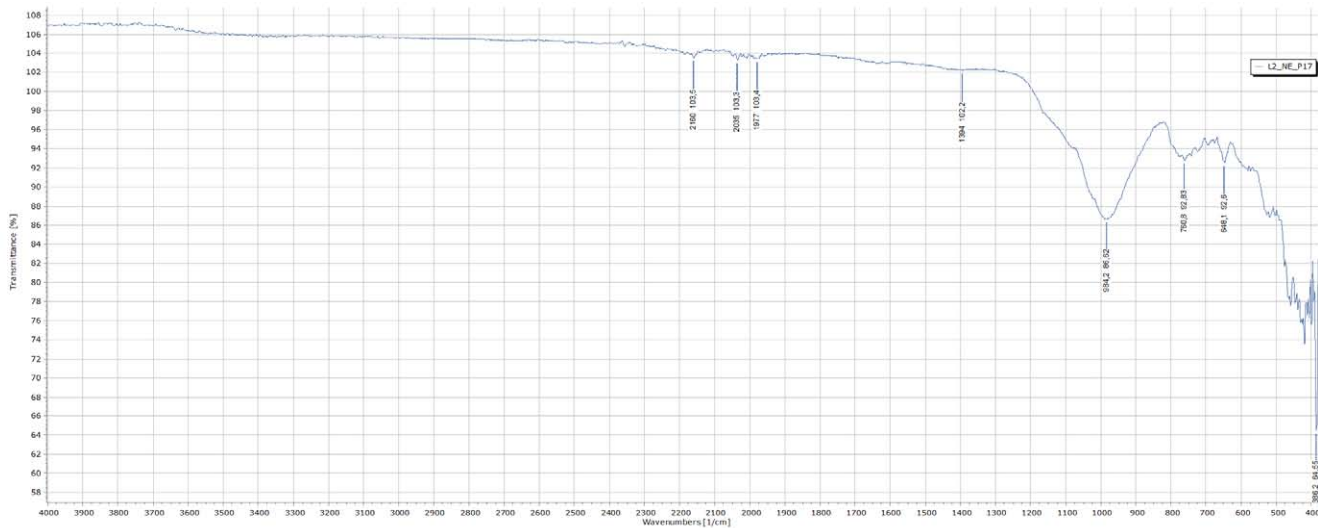
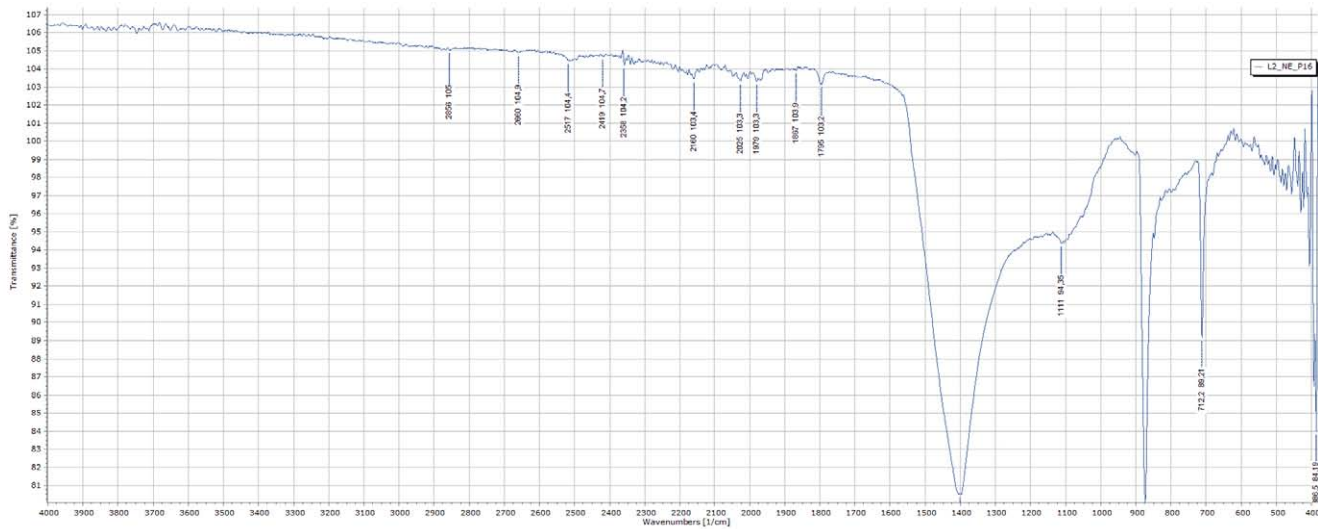
In corrispondenza del punto AM08, vedi sezione 5.5.1, il campione P9 è stato analizzato nelle sue tre diverse componenti, (patina su marmo e stuccature di 'gommina'). Si veda anche la spettrometria per il campione L7_S_M1 e per il campione L7_S_P10.

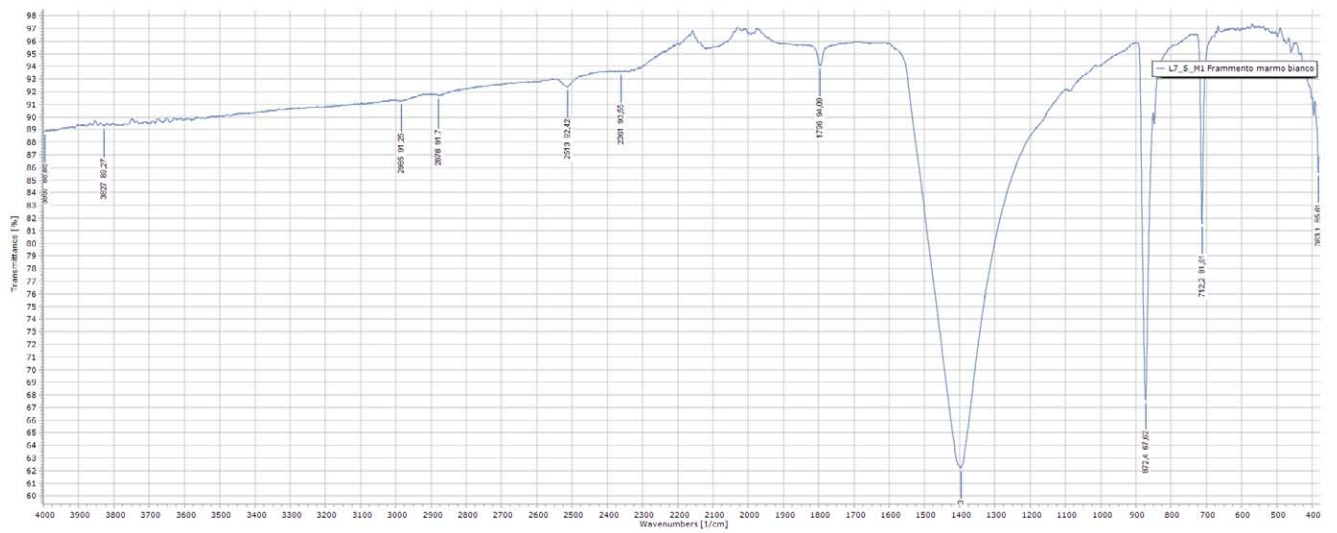
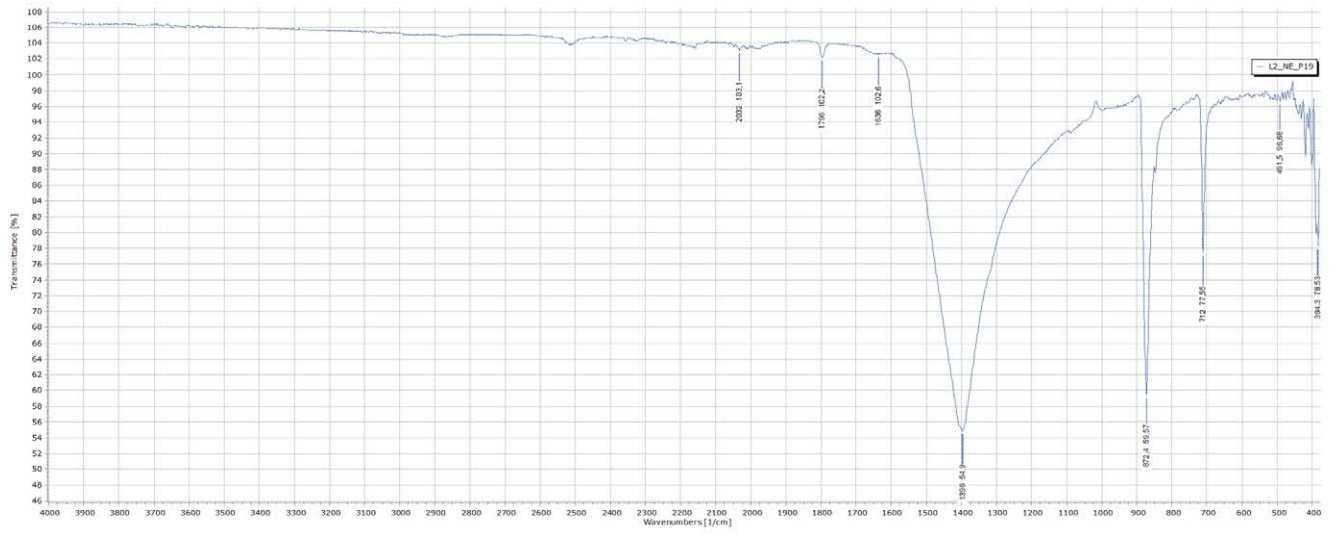
Appendice B





Appendice B





Spettrometrie prodotti in commercio – formulazione liquida pura

