

**Introduzione. La documentazione di cantiere e la pratica del restauro**

**DOC01** Documentazione fotografica dei lavori

**DOC02** Rilievi e misurazioni in corso d'opera

**DOC03** Resoconti, annotazioni, diario dei lavori

**DOC04** Prelievi, analisi e monitoraggi nel corso dei lavori

**DOC05** Collaudi, prove e controlli in corso d'opera

**DOC06** Simulazione degli interventi di restauro

### LA DOCUMENTAZIONE DI CANTIERE E LA PRATICA DEL RESTAURO

Il cantiere è il luogo delle operazioni tecnico-esecutive del progetto, ma la sua gestione è legata a numerosi atti contabili e amministrativi che incidono anche materialmente sull'andamento dei lavori e sui loro risultati. Anche i rapporti tra l'impresa e la direzione dei lavori e tra questi e il committente, pubblico o privato, sono regolati da documenti che fissano forme di controllo qualitativo e quantitativo, e puntano ad assicurare anche la loro corrispondenza economica al programma tracciato dal progetto.

Il documento principe è il **capitolato speciale** che, oltre a regolare i rapporti con i soggetti coinvolti nell'appalto, contiene prescrizioni che fissano la qualità e la provenienza dei materiali, la successione e l'ordine dei lavori, le procedure esecutive delle opere, gli accorgimenti particolari che devono essere rispettati in casi speciali per raggiungere i livelli di qualità previsti dal progetto o contemplati dalle buone "regole dell'arte". Ma già **nel corso dei lavori** possono presentarsi situazioni non previste oppure ragioni di opportunità che spingono ad apportare variazioni nella quantità e nel genere delle opere progettate, magari per raggiungere risultati migliori o per far fronte a situazioni non contemplate. C'è da considerare, poi, che la normale conduzione dei lavori deve obbedire fedelmente alle prescrizioni del progetto e questa fedeltà va accuratamente registrata in documenti che fanno parte integrante del corredo degli atti di cantiere. Questi atti, come è noto, sono numerosi e comprendono, tra quelli che possiamo definire "ordinari", il Giornale dei lavori, il Libretto di misura dei lavori, il Registro di contabilità, i Collaudi in corso d'opera e finali e così via. A questi se ne possono aggiungere altri resi necessari da eventi che inducono variazioni impreviste, come la Revisione dei prezzi, le Perizie di varianti in corso d'opera, le cosiddette Perizie suppletive, oltre ai documenti concernenti le proroghe, le sospensioni e le riprese dei lavori, la formazione e la pattuizione di prezzi non compresi nel contratto e altro ancora.

Questo apparato dovrebbe costituire un **sistema di controllo capillare e continuo**, sia sotto il profilo della trasparenza e della regolarità contabile e amministrativa, sia sotto quello della qualità tecnica dei lavori.

Nel cantiere di restauro le cose si complicano, perché l'intervento si prefigge principalmente l'obiettivo di conservare la permanenza fisica e figurale di un manufatto – l'opera architettonica – che già esiste in quanto oggetto fisicamente determinato e trasmessoci con tutte le sue stratificazioni costruttive, materiali e figurali. Ogni intervento, tuttavia, per quanto accorto e poco invasivo, comporta **sottrazioni, aggiunte o modificazioni** che si traducono in alterazioni più o meno profonde dei segni che connettono tutta l'apparecchiatura indiziaria. Inoltre, la stessa efficacia tecnica degli interventi, la loro durata nel tempo e gli effetti collaterali eventualmente provocati si collocano in un campo d'incertezza che va tenuto sotto controllo con la massima cura e in modo permanente. Questa sezione comprende, perciò, un gruppo di tecniche che non sono ascrivibili alle forme di intervento e di trattamento diretto dei manufatti da restaurare ma sono da considerare come mezzi indiretti, ma altrettanto efficaci, di tutela. Si può affermare, anzi, che queste tecniche, diversamente dalle altre la cui scelta dipende dalle situazioni specifiche dei diversi interventi di restauro, sono **da adottare in ogni cantiere e in ogni circostanza**.

### PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Nei progetti di restauro le **norme di capitolato** prevedono, in genere, una descrizione accurata delle tecniche di cui si prevede l'impiego e dei modi d'esecuzione dei diversi lavori. Tali prescrizioni sono compilate sulla scorta delle competenze e dell'esperienza del progettista, il quale, dopo aver svolto le analisi e gli accertamenti preliminari sull'opera, procede per analogia con altre esperienze e con le "regole dell'arte" a lui note. Tuttavia, il criterio dell'analogia e quello delle esperienze maturate non sono sempre sufficienti a garantire i risultati cercati. Ciò dipende dalla **grande varietà delle situazioni** nelle quali si attuano gli interventi, vale a dire dai diversi comportamenti dei materiali costruttivi, dalle particolari forme evolutive dei processi d'alterazione, dallo sviluppo della produzione tecnologica che offre materiali e procedure sempre migliori, e da altre cause più o meno accidentali che **fanno di ogni cantiere un caso singolare**. Inoltre, durante le indagini preliminari non sempre (anzi, per la verità, raramente) è possibile un accertamento completo ed esauriente dello stato della fabbrica, se non altro perché sfuggono alle analisi tutte le parti inaccessibili o nascoste.

Per ovviare alle possibili conseguenze negative di un procedere tecnico troppo rigido, è sempre opportuno **testare i prodotti e le metodiche di esecuzione**, prima di una loro applicazione estensiva.

Va considerato, poi, che mentre alcuni lavori di restauro sono prevedibili nei risultati tecnici e nell'impatto visivo che determinano, altri vanno **calibrati dopo opportune prove**. Ad esempio, una coloritura decisa in sede di progetto non può essere eseguita senza idonei test; oppure, una pulitura con acqua nebulizzata o con idrosabbatura non può essere immediatamente estesa a tutte le superfici da trattare, senza alcune prove orientate a studiarne gli effetti in funzione della durata dell'applicazione, del tipo di inerti impiegati e degli altri parametri che concorrono al conseguimento del risultato; e ancora, la stesura di una sostanza impregnante, data a pennello o a spruzzo o con altra tecnica, va attentamente collaudata su aree campione e su queste andranno eseguite prove di laboratorio per accertare la profondità di penetrazione del prodotto, l'omogeneità di diffusione e l'effetto consolidante o protettivo cercato.

È sempre opportuno, di conseguenza, includere nel **programma dei lavori** un certo numero di prove, talvolta anche in forma di monitoraggio, con lo scopo di studiare preventivamente gli effetti di determinati interventi o trattamenti e di poter ricorrere agli aggiustamenti o alle varianti del caso.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La varietà delle situazioni che si possono creare in un cantiere di restauro non permette di formulare un elenco esaustivo delle prove e dei controlli da eseguire durante i lavori. Ci si limita, in questa sede, a fornire alcune indicazioni che vanno intese essenzialmente come **criteri di orientamento**. Lo schema che segue ha il fine di delineare, a titolo esemplificativo, alcune delle possibili occasioni in cui è opportuno procedere con prove, collaudi parziali e controlli.

1) Alcuni **fenomeni di degrado** hanno carattere evolutivo e si presentano con aspetti che possono variare anche nel breve tempo di svolgimento del cantiere. È il caso, ad esempio, della flora infestante macro e microvegetale il cui ciclo vitale si svolge nell'arco delle quattro stagioni, oppure degli insetti parassiti che attaccano i legni e che hanno cicli riproduttivi e di sviluppo in tempi noti. I trattamenti disinfestanti devono essere, allora, sottoposti a una serie di osservazioni periodiche per valutarne l'efficacia e prendere le misure conseguenti ai risultati man mano acquisiti. Naturalmente, la serie dei test eseguibili è ben più lunga, ma i casi richiamati servono, appunto, a delineare l'orizzonte delle circostanze che possono richiedere un attento controllo degli interventi, prima, durante e dopo la loro attuazione.

2) Il **controllo delle metodiche che aggiungono materia a quella esistente** riguarda le impregnazioni, le applicazioni a tasche o con iniezioni, le velature protettive e simili. In questi casi occorre procedere in due modi: con esami di laboratorio che accertino l'adesione o la penetrazione delle sostanze aggiunte o con prove in situ, anche se queste ultime sono spesso di difficile esecuzione e danno risultati incerti. Ciò avviene, soprattutto nei trattamenti a iniezione o a tasche.

3) Un altro gruppo di interventi riguarda le **operazioni di sottrazione di materiale** e comprende le puliture, le disincrostazioni, le disinfestazioni da piante o microvegetali ecc. Qui, le prove riguardano in parte minore gli effetti visivi dell'intervento, coinvolgendo invece la sua efficacia. Ad ogni modo, il controllo delle diverse tecniche operative va eseguito su campioni rappresentativi delle diverse aree degradate.

4) Infine c'è una categoria di lavori, il cui risultato è legato all'**impatto visivo dell'intervento**, oltre che all'efficacia tecnica. Vi rientrano talune opere di finitura, come le tinteggiature, le scialbature, le velature, l'eliminazione di macchie deturpanti e simili. In alcuni casi, come quello delle coloriture, la prova eseguita su un campione ridotto non è sempre probante, perché la percezione di una piccola superficie di colore è ben diversa da quella di una grande estensione del medesimo colore. In questi casi può essere più utile ricorrere a **tecniche di simulazione** (v. DOC06 - Simulazione degli interventi di restauro).

### PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

S'intende per simulazione degli interventi di restauro la costruzione virtuale dei risultati esecutivi degli interventi mediante l'**elaborazione d'immagini digitali**. Questa metodica consente una visualizzazione realistica delle superfici del manufatto prima e dopo il restauro, grazie alla quale è possibile sottoporre ad esame e a confronto visivo soluzioni diverse, riducendo il rischio di scelte che potrebbero rivelarsi del tutto o parzialmente inadeguate una volta realizzate sul corpo del manufatto.

Il **prefigurare gli effetti finali dell'intervento**, prima di agire direttamente sull'opera, costituisce uno dei caratteri peculiari di questo procedimento. La simulazione va intesa, pertanto, non come un semplice metodo di rappresentazione, ma come il risultato visivo di un procedimento di analisi teso a ridurre lo scarto tra le previsioni e i risultati finali dell'intervento.

Schematicamente, si può affermare che le simulazioni assolvono un **ruolo predittivo e prescrittivo**, in quanto possono avere sia la funzione di prevedere e indirizzare gli esiti dell'intervento, sia quella di prescrivere procedimenti esecutivi, indicando, attraverso l'immagine virtuale, il risultato che s'intende raggiungere.

La pratica delle simulazioni si rivela, in sostanza, come un mezzo che può essere **utilizzato lungo tutto l'iter dell'intervento** di conservazione.

- a) **In fase di orientamento** e definizione delle varie proposte di intervento, sino a optare per la più idonea, verificandone i possibili effetti in una dimensione assolutamente “indolore” per il manufatto.
- b) **Come mezzo di comunicazione** (ad esempio verso la committenza), in quanto l'immediatezza dell'immagine fotografica ne consente la lettura anche a soggetti non particolarmente preparati alla comprensione dei canonici elaborati grafici.
- c) **Per trasmettere con chiarezza i contenuti tecnici**, giacché riduce la possibilità di interpretazioni arbitrarie o riduttive. La simulazione, infatti, integra e chiarisce visivamente prescrizioni tecniche che si presentano talvolta ambigue e generiche, e a tal fine può essere utilizzata anche nei capitolati.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La simulazione su base fotografica di un restauro si basa, come si è detto, sull'elaborazione d'immagini digitali di un manufatto. Pertanto, bisogna disporre innanzitutto di una o più immagini dello stato di fatto del manufatto, e poi, in base agli interventi che s'intendono analizzare virtualmente, delle riprese fotografiche dei materiali necessari per la simulazione.

Tali materiali sono costituiti essenzialmente da una serie di **campioni** realizzati ad hoc (malte, intonaci, velature, ecc.) necessari per elaborare le integrazioni di materia, e dai **provini** dei trattamenti che si intendono valutare, in primo luogo le puliture.

L'intervento digitale, pur essendo "immateriale", deve infatti entrare nel merito della esecuzione reale, costringendo ad un controllo preliminare delle tecniche e dei materiali che si intendono adottare.

Gli interventi possono essere simulati a **diversa scala di approfondimento**, secondo le finalità di ogni elaborazione specifica, ed essere circoscritti a determinati dettagli o interessare l'intero manufatto. È comunque opportuno che il procedimento sia impostato secondo una successione di fasi che vanno dal particolare al generale, in modo da analizzare prima gli effetti puntuali degli interventi per poi studiarne le conseguenze sull'insieme del manufatto.



Figura 1a • Lacuna in un dipinto murale. Accanto alla lacuna è visibile il campione di intonaco con il quale si intende elaborare la simulazione.



Figura 1b • Simulazione della integrazione della lacuna effettuata utilizzando il campione di intonaco fotografato contestualmente.



Figura 1c • Integrazione reale della lacuna effettuata con il medesimo intonaco del campione utilizzato nella simulazione. Come si può verificare confrontando le due immagini, la simulazione della integrazione è sufficientemente “realistica”.

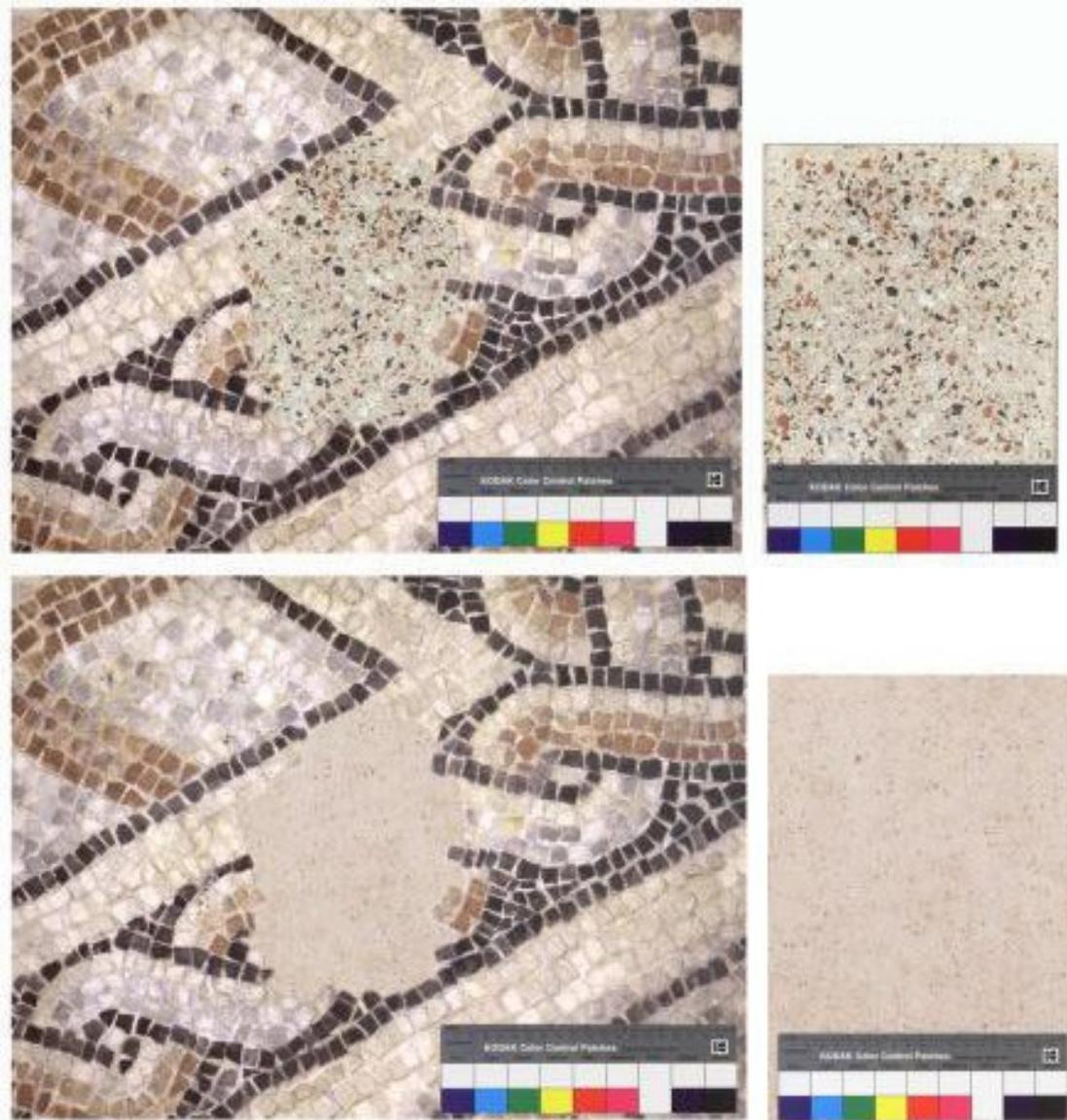


Figure 2a -2b • Simulazione dell'integrazione di una lacuna in un mosaico con due tipi di malta. Le immagini dei campioni di malta, una volta importate nel file generale, sono state scalate in modo da far coincidere i due riferimenti metrici, per cui le immagini sono nella stessa identica scala.

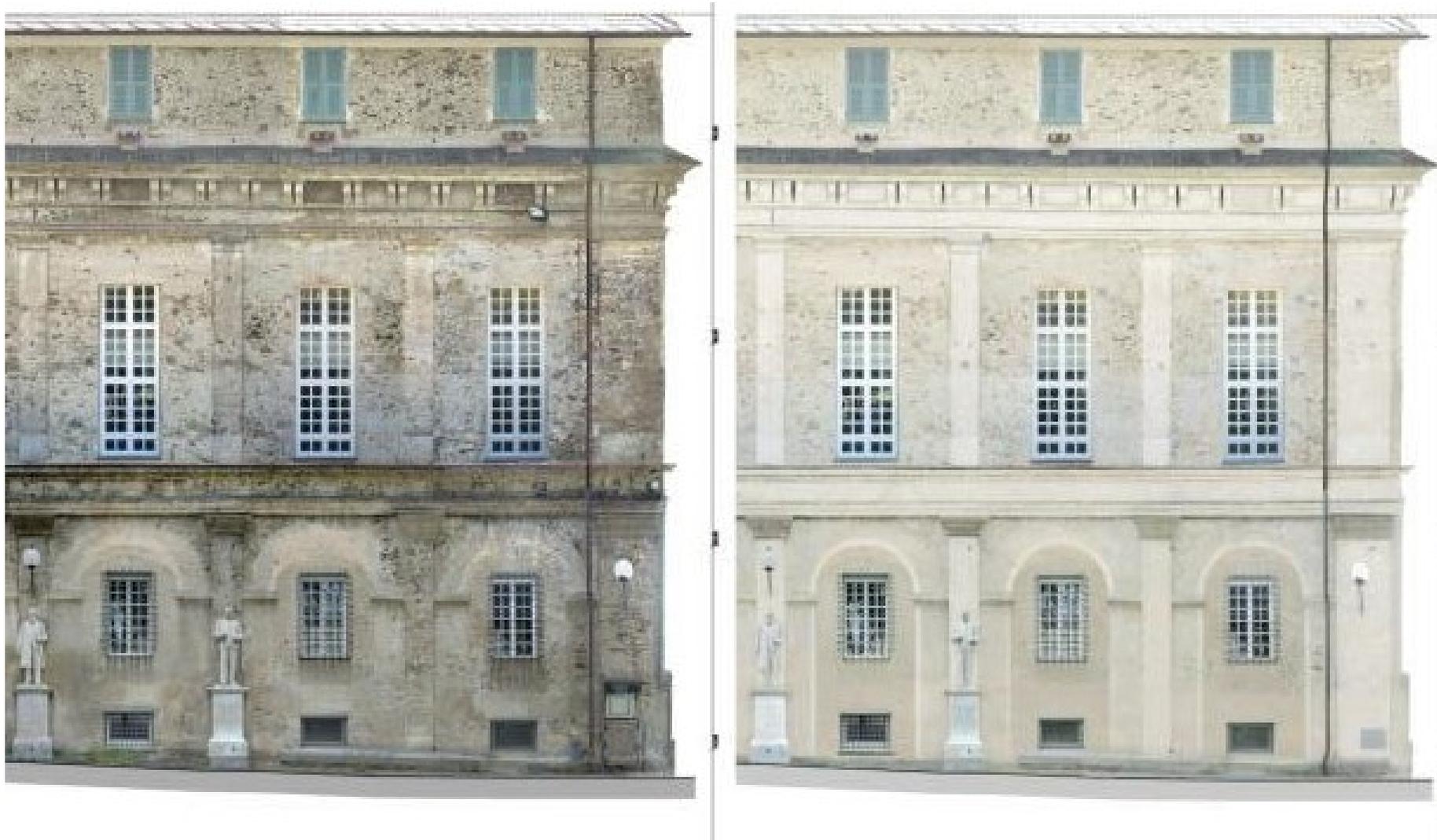


Figura 3 • Simulazione realizzata elaborando il fotopiano ad alta risoluzione di una facciata. A sinistra: porzione della facciata prima della elaborazione; a destra la stessa porzione dopo la simulazione. In particolare sono stati elaborati gli interventi di: rimozione di elementi vari, pulitura delle superfici, risarcitura dei giunti, stesura di una velatura a calce, stesa più accentuata sulle modanature. I vari interventi sono stati prima simulati a livello locale per poi essere estesi a tutta la facciata.

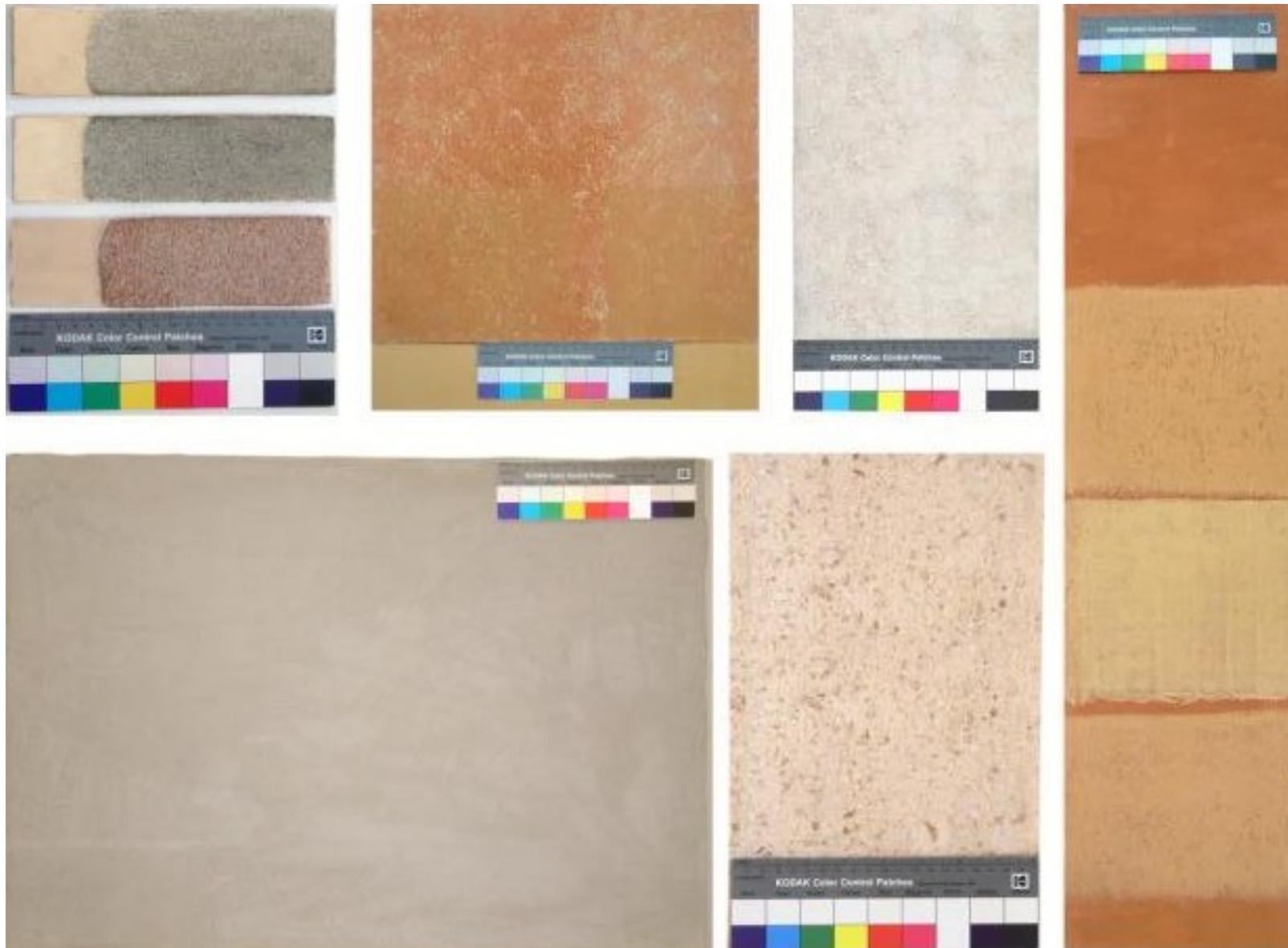


Figura 5 • “Materiali virtuali”: campioni di malta, di intonaco e di velature di diversa composizione e finitura superficiale utilizzabili per la simulazione delle integrazioni delle lacune, delle risarciture della malta di allettamento, della stuccatura di lesioni, rotture, mancanze, ecc.

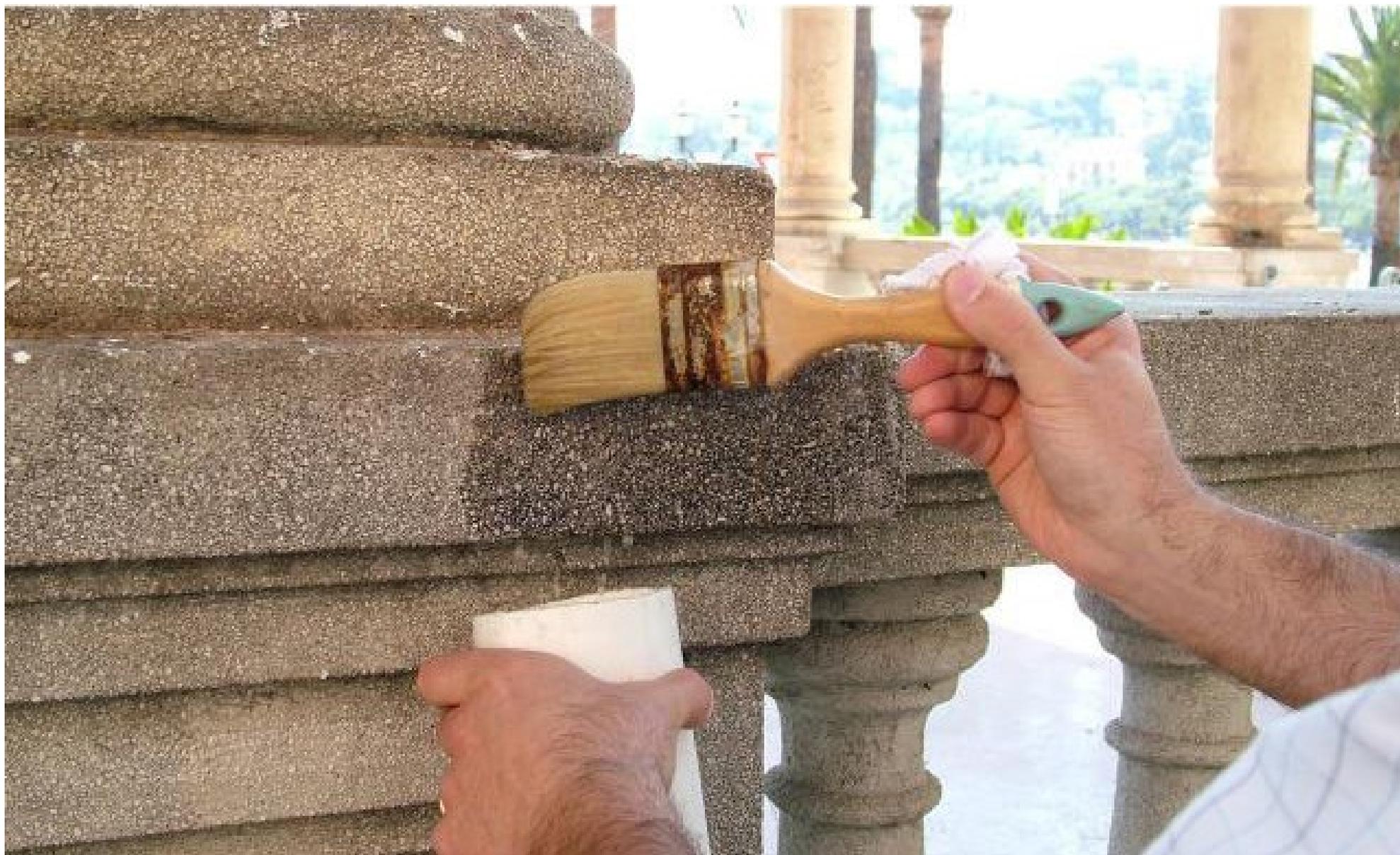


Figura 6 • Fase di esecuzione della pulitura di un basamento in pietra artificiale.



Figura 7 • Saggio di pulitura reale della superficie in pietra artificiale.



Figura 8 • Simulazione della pulitura dell'intero basamento elaborata schiarendo i valori cromatici in base al risultato ottenuto con la pulitura reale.



Figura 9 • Particolare di mosaico parietale prima della simulazione della pulitura (desalinizzazione).  
La superficie delle tessere si presenta opaca e biancastra per la presenza di sali.



Figura 10 • Simulazione della pulitura elaborata utilizzando come riferimento le superfici realmente trattate con impacchi di fogli di carta giapponese e acqua deionizzata. In questo caso, a differenza di quanto accade con la maggior parte dei trattamenti di pulitura che determinano uno schiarimento più o meno accentuato delle superfici, la desalinizzazione, rimuovendo la patina biancastra, rende le tessere complessivamente più scure e brillanti, effetto che la simulazione cerca di riprodurre.

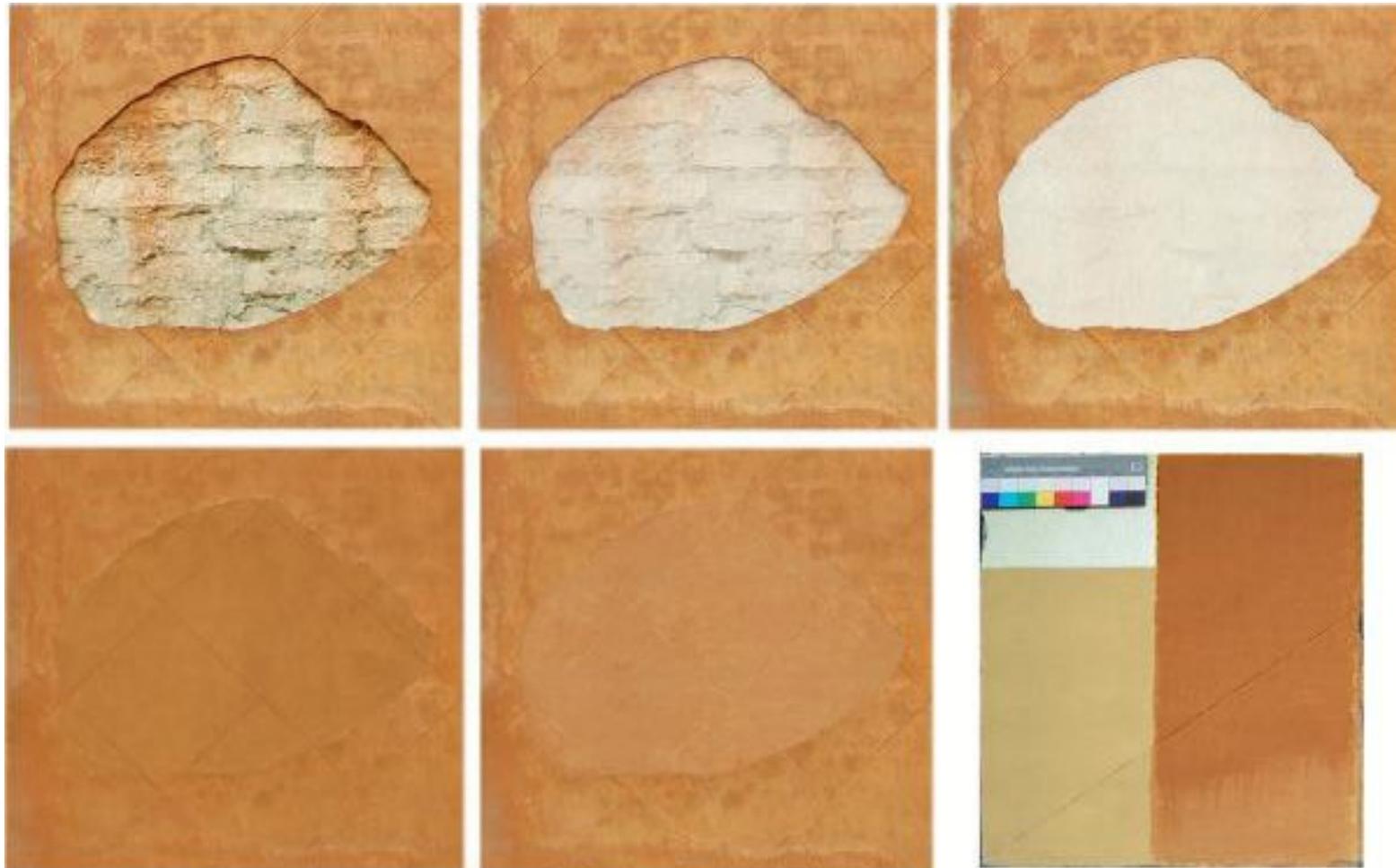


Figura 11 • Simulazione della integrazione della lacuna con le finiture importate dal pannello in basso a destra e realizzate in base allo studio cromatico della facciata. Da sinistra in alto: riquadro con la lacuna di intonaco; stesura di uno “strato non strato”; integrazione con intonaco steso leggermente sottolivello; velatura realizzata con due stesure a pennello di ocre rossa sullo sfondo di ocre gialla (parte alta della fascia rossa del pannello); velatura realizzata con una stesura a pennello di ocre rossa sullo sfondo di ocre gialla (parte in basso più chiara della fascia rossa). Negli ultimi due casi è stata simulata l’incisione del motivo a rombi e una leggera velatura rossa dell’intonaco originale.



Figura 15 • Mancanze in un basamento in pietra artificiale.



Figura 16 • Simulazione della integrazione delle mancanze elaborata con un impasto Distinguibile dall'originale, con una tonalità leggermente più rosata.



Figura 17 • Simulazione della integrazione delle mancanze elaborata con un impasto simile all'originale, ma applicata con un leggerissimo sottolivello.



Figura 18 • Simulazione della stesura di una malta di protezione di tonalità simile all'impasto originale, senza la ricostruzione dei volumi.



Figura 19 • Castel del Monte, sala VIII, primo piano, parete in conci lapidei con tracce del rivestimento parietale originale in lastre marmoree (alloggiamenti per le grappe di fissaggio delle lastre, grappe intere o spezzate, piombo ecc.).

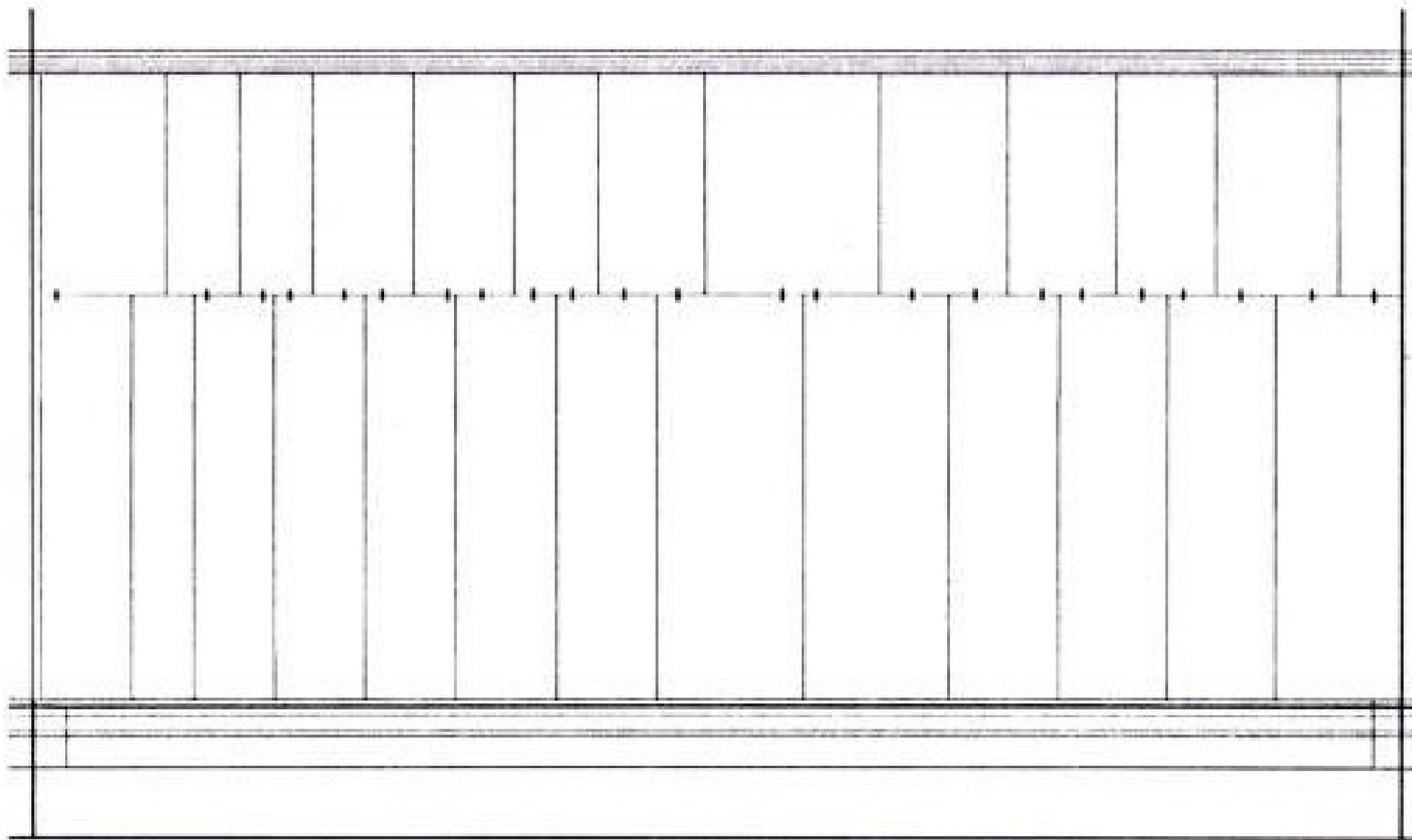


Figura 20 • Rappresentazione grafica di tipo vettoriale dell'ipotesi ricostruttiva del rivestimento parietale in lastre marmoree effettuata in base alle tracce presenti sulla parete.



Figura 21 • Simulazione fotografica della medesima ipotesi ricostruttiva del rivestimento in lastre marmoree raffigurata nell'immagine precedente. L'elaborazione digitale, oltre a essere di più immediata comprensione, fornisce una serie di informazioni sui materiali (venature, caratteristiche cromatiche, effetti chiaroscurali ecc.) che non è possibile trasmettere con un elaborato grafico, necessariamente più schematico.