

Protocolli BIM per la parametrizzazione dei fenomeni di degrado

Andrea di Filippo
Marco Limongiello
Bernardo Pèrgamo

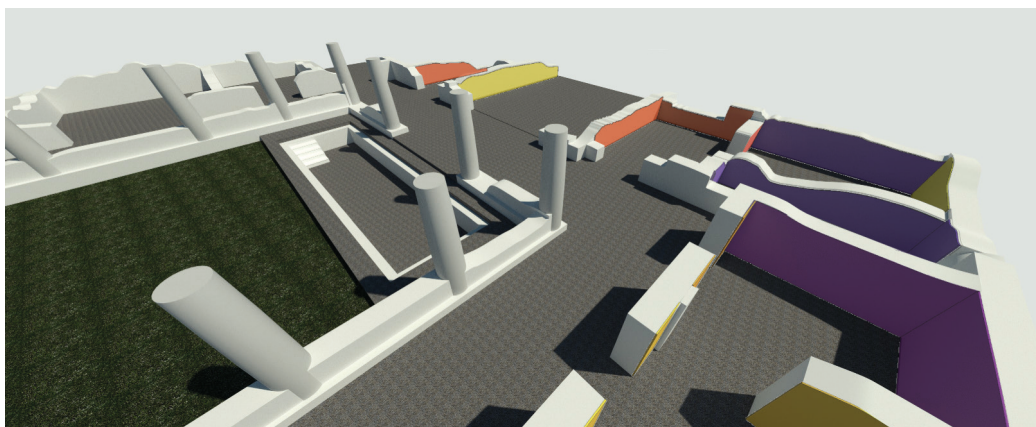
Abstract

Il contributo esplora l'applicazione del Building Information Modelling (BIM) alla documentazione e conservazione del patrimonio storico, con particolare attenzione ai fenomeni di degrado. L'analisi delle architetture storiche e dei siti archeologici richiede un approccio metodico e integrato per gestire le informazioni raccolte nel tempo. L'introduzione del BIM e della modellazione semantica consente di raccogliere e strutturare dati in un ambiente unificato, migliorando l'efficienza nella gestione del patrimonio. La ricerca si concentra sullo sviluppo di un flusso di lavoro per l'analisi del degrado, attraverso una parametrizzazione di dati volta a interrelare informazioni eterogenee e restituire una descrizione esaustiva dei fenomeni di alterazione che possono interessare le architetture. La sperimentazione ha permesso di testare le soluzioni proposte, applicando metodi di valutazione numerica per classificare i difetti e determinare la vulnerabilità degli elementi architettonici. La metodologia proposta si distacca da approcci grafici puri, utilizzando un indice di vulnerabilità che facilita la gestione delle informazioni e la pianificazione degli interventi di restauro. I risultati mostrano che l'approccio quantitativo e modulare adottato, sebbene con alcune limitazioni, offre una solida base per l'integrazione delle informazioni e la gestione predittiva degli interventi di conservazione.

Parole chiave

Modellazione semantica, conservazione preventiva, valutazione della vulnerabilità, protocolli scalabili.

Vista prospettica del modello BIM. Lo schema in falso colore, applicato agli apparati decorativi delle murature, definisce una priorità di intervento per contrastare, tramite la pianificazione di opportuni interventi, i fenomeni di degrado rilevati tramite ispezione visiva del sito. Il colore viola indica un'alta priorità, il giallo una bassa.



Metodologie innovative per l'analisi e la gestione dell'architettura

L'analisi, la documentazione e lo studio delle architetture storiche e dei siti archeologici costituiscono un processo complesso, che richiede un'elevata flessibilità e l'adozione di un sistema metodico e accurato per l'acquisizione e la gestione dei dati. Tuttavia, spesso si assiste a una frammentazione eccessiva delle informazioni e del percorso di ricerca, soprattutto quando quest'ultimo si estende su un arco temporale prolungato.

L'introduzione di nuovi paradigmi cognitivi, supportati dalle tecnologie digitali – che sostanziano un rinnovato approccio alla descrizione dei modelli architettonici, configurandosi quale vera e propria *èkphrasis* infografica – consente di semplificare e ottimizzare il riconoscimento dei valori dell'architettura storica, favorendo decisioni progettuali più coerenti. In questa prospettiva, l'impiego della metodologia BIM e della modellazione semantica si pone come una soluzione efficace per la conoscenza, la conservazione e la gestione del patrimonio storico, grazie alla possibilità di raccogliere e strutturare i dati in un ambiente unificato [Barontini *et al.* 2022; Korro Bañuelos *et al.* 2021; Santana Quintero 2017]. Il presente lavoro si propone di esplorare le potenzialità offerte dal BIM nell'ambito dell'analisi cognitiva del patrimonio, con l'obiettivo di promuoverlo e valorizzarlo.

Partendo dal monitoraggio dello 'stato di salute' dei beni tramite ispezioni visive programmate, sono stati raccolti i dati necessari per strutturare un sistema di mappatura del degrado capace di coniugare la flessibilità di un metodo numerico con l'immediatezza della rappresentazione grafica, facilmente integrabile in ambiente BIM.

Evoluzioni e prospettive della modellazione parametrica

Negli ultimi decenni, numerose applicazioni della metodologia BIM sono state testate nel campo della documentazione, conservazione e gestione del patrimonio architettonico e archeologico [Alonso *et al.* 2016; Manferdini *et al.* 2013; Pepe *et al.* 2020; Yang *et al.* 2020]. Questi studi hanno interessato edifici storici e siti complessi, permettendo di tenere traccia dei fenomeni, antropici e non, che nel corso del tempo hanno prodotto una trasformazione delle strutture [Bruno *et al.* 2018; Parrinello *et al.* 2023; Rocha *et al.* 2020].

Le prime sperimentazioni nell'uso del BIM si sono concentrate principalmente sulla creazione di librerie architettoniche, poiché le piattaforme commerciali esistenti erano pensate per le nuove costruzioni e non offrivano strumenti adatti alla rappresentazione del costruito. L'unicità dell'architettura storica sfida, infatti, la logica standardizzata della modellazione parametrica, richiedendo un'attenzione particolare alla rappresentazione dettagliata dei suoi componenti. Non si tratta solo di decomporre semanticamente gli elementi architettonici [S. Bruno *et al.* 2018; Moyano *et al.* 2021], ma di descriverne anche le interconnessioni nel contesto dell'organismo edilizio.

Oggi, queste problematiche sono affrontate con molteplici approcci, che spaziano dalla modellazione procedurale, caratterizzata da un elevato livello di astrazione geometrica [Murphy *et al.* 2009], alle repliche digitali, capaci di preservare tutte le irregolarità delle superfici. Sebbene si tratti di un tema ampiamente dibattuto e necessari di una trattazione condivisa dalla comunità scientifica, l'approssimazione delle geometrie potrebbe non riflettere appieno le potenzialità di un approccio basato sulla parametrizzazione. Se l'obiettivo di uno studio è l'analisi geometrica dettagliata degli elementi architettonici, le tecniche di modellazione *reality-based* – che restituiscono nuvole di punti o mesh poligonali – rappresentano ancora la soluzione più efficace, nonostante permettano di documentare solo la 'pelle' delle strutture, a meno che non vengano integrate con tecnologie non ottiche [Barba *et al.* 2019]. Affinando la metodologia BIM per la documentazione del patrimonio, diventa cruciale ripensare le possibili applicazioni dei modelli digitali, che non devono limitarsi a una descrizione puramente geometrica. La parametrizzazione consente infatti di integrare informazioni eterogenee, che possono spaziare dalla mappatura del degrado in ambiente tridimensionale all'analisi delle tecniche costruttive e delle fasi evolutive dell'edificio [Centarti *et al.* 2024; Ferreyra *et al.* 2024]. In questo contesto, la rappresentazione tridimensionale dell'oggetto può essere arricchita con annotazioni semantiche, incentivando la condivisione e la fruizione di modelli 3D e dati strutturati attraverso piattaforme web specifiche [Diara *et al.* 2021; Logothetis *et al.* 2018].

Il presente studio si focalizza sulla definizione di un flusso di lavoro replicabile per l'analisi del degrado, finalizzato al restauro. La metodologia adottata si basa sull'adattamento di strumenti normativi esistenti alla logica dei sistemi parametrici, con l'obiettivo di semplificare e standardizzare lo scambio di informazioni tra i professionisti coinvolti.

Il caso studio della *domus* romana di Abellinum

Le soluzioni proposte in questo contributo sono state applicate alla *domus* romana situata nell'area archeologica dell'Antica *Abellinum*, sulla sommità della collina della Civita, nel comune di Atripalda (Avellino). Nella zona nord-orientale della Civita è stato rinvenuto l'impianto di una struttura estesa per un intero isolato, mentre tracce di un edificio analogo a est suggeriscono la destinazione residenziale di questo settore urbano.

La *domus*, con una superficie di circa 2.500 m², è stata oggetto di indagini archeologiche a più riprese, a partire dagli anni '80 del Novecento fino alle campagne del 2009/10. Il ritrovamento di un sigillo in bronzo con formula onomastica ha permesso di attribuire la proprietà del complesso, nel suo periodo di massimo splendore, a *Marcus Vipsanius Primigenius*, liberto di Vipsanio Agrippa, influente esponente dell'aristocrazia romana del primo decennio dell'Impero.

L'edificio ha origine da un impianto tardo-repubblicano a schema centripeto, organizzato attorno all'*atrium*, per poi evolversi in epoca imperiale fino ad assumere la configurazione documentata dagli scavi. Lo sviluppo architettonico è longitudinale, con un impianto assiale che ha il suo accesso a sud, dove si riconosce un *vestibulum* (ambiente H1) profondo 1,60 m, affacciato sul decumano. Il fulcro della *domus* è rappresentato dal peristilio a pianta rettangolare nella sezione settentrionale (ambiente C1), attorno al quale si articolano gli ambienti padronali destinati alla rappresentanza, tra cui l'ambiente M1, identificato come triclinio (fig. 1).

Questi spazi, caratterizzati da ricche decorazioni parietali, sono stati oggetto di uno studio approfondito nell'ambito delle attività di documentazione, con particolare attenzione alla valutazione del loro stato di conservazione. Gli studi sono stati condotti in collaborazione con il gruppo di ricerca di archeologi afferenti al Dipartimento di Scienze del Patrimonio Culturale dell'Università degli Studi di Salerno, nell'ambito di un progetto di ricerca finalizzato alla valorizzazione le aree del Sannio e dell'Irpinia attraversa dall'Appia Antica, di recente iscritta nella Lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO.

Parametrizzazione del degrado: un approccio ibrido alla valutazione della vulnerabilità

La letteratura scientifica offre numerosi esempi di strategie per la mappatura del degrado. Nel caso dei materiali lapidei, molte applicazioni hanno trasposto nella modellazione tridimensionale le Raccomandazioni NorMaL 1/88, successivamente confluite nella norma



Fig. 1. Peristilio a pianta rettangolare, localizzato nell'area settentrionale della *domus*. Intorno a questo spazio si articolano tutti gli ambienti padronali della casa destinati alla rappresentazione dei fenomeni di degrado.

UNI 11182:2006. Il documento originale, oltre a classificare le alterazioni macroscopiche, fornisce un repertorio di simboli per la loro rappresentazione nei tradizionali elaborati tecnici. Tuttavia, sebbene efficace nella descrizione dei fenomeni di degrado, tale approccio non risulta immediatamente integrabile in un modello tridimensionale.

Attualmente, solo una piattaforma commerciale consente di automatizzare questo processo, trattando lesioni e aree degradate come oggetti parametrici indipendenti, privi di un legame diretto con gli elementi architettonici interessati. Questo metodo permette di modellare alcuni attributi, come l'estensione delle superfici degradate, ma risulta limitato in termini di parametrizzazione e flessibilità. Inoltre, non consente un'integrazione strutturata dei dati in un sistema di supporto decisionale, requisito essenziale per la costruzione di un digital twin pienamente operativo [Jouan et al. 2020].

La metodologia proposta in questo contributo si discosta inizialmente da un approccio puramente grafico, privilegiando invece il calcolo di un indice numerico globale di vulnerabilità degli elementi. Questo valore è determinato dalla combinazione di parametri monitorati attraverso ispezioni visive del sito di interesse. Il metodo di valutazione numerica adottato si ispira alle *Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza e il monitoraggio dei ponti esistenti*, formalizzate nella loro versione più recente dal Decreto 204/2022 del Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili [Liritano et al. 2023].

Originariamente sviluppato per la gestione e il monitoraggio delle opere stradali, questo strumento fornisce un criterio sintetico per valutare lo stato di conservazione degli elementi costitutivi di un'opera di ingegneria. La sua natura modulare e parametrica lo rende facilmente integrabile nelle piattaforme di modellazione digitale, consentendo una gestione più efficiente e standardizzata delle informazioni. L'approccio delineato dal decreto ministeriale, già sperimentato con successo in altri importanti Parchi Archeologici, è stato opportunamente adattato al contesto dei beni culturali. Nello specifico, mentre i parametri di analisi sono stati rimodulati per rispondere alle peculiarità di ciascun manufatto storico-artistico, resta invariata la metodologia alla base dell'indice di vulnerabilità dell'opera, garantendo così continuità ed efficacia nel monitoraggio e nella tutela del patrimonio culturale.

Per ciascun elemento della struttura, in relazione ai materiali e alle tecniche costruttive, sono state elaborate schede difettologiche, nelle quali sono catalogati i potenziali difetti prodotti da processi di alterazione materica. Le schede non solo descrivono la natura dei fenomeni e le possibili cause, ma supportano il tecnico nel definire una priorità di intervento. Ad esempio, per gli apparati decorativi degli ambienti adiacenti al peristilio della *domus*, sono stati identificati undici distinti fenomeni di degrado: vegetazione, lacuna da crollo, colonizzazione biologica, distacco, decoesione, deformazione, fessurazione, salvabordo superiore assente/degradato, salvabordo inferiore assente/degradato, efflorescenze/subefflorescenze saline e sollevamento pellicola pittorica. Questi fenomeni sono stati osservati durante una fase preventiva di monitoraggio dell'opera e sono correlati sia a fattori interni (es. proprietà dei materiali) che esterni (es. condizioni ambientali).

Ogni difetto è stato caratterizzato da tre parametri, introdotti dalle *Linee Guida* precedentemente citate:

- un peso G , variabile da 1 a 5 (difetti meno gravi hanno peso 1, quelli più gravi hanno peso 4 o 5 e necessitano di un rilievo accurato, soprattutto per verificare se possono pregiudicare la statica dell'opera);

- un coefficiente k_1 , da 0.2 a 1, che indica l'estensione del difetto;

- un coefficiente k_2 , da 0.2 a 1, che indica l'intensità del difetto.

La scheda difettologica, associata a ciascuno dei fenomeni analizzati, chiarisce in che modo i tre parametri devono essere interpretati, supportando con un contributo oggettivo l'attività di ispezione visiva (fig. 2). Per ogni tipologia di difetto, il valore numerico derivante dal prodotto $G \times k_1 \times k_2$ quantifica l'impatto sulle strategie di manutenzione. La somma di tutti i valori calcolati per i difetti osservati ($\sum_i G_i \times k_{1,i} \times k_{2,i}$) rappresenta, invece, una misura complessiva dello stato di conservazione dell'elemento analizzato. Questo valore, definito Difettosità Relativa (DR), può essere calcolato per ciascun elemento architettonico, fornendo un indicatore chiave del livello di difettosità, parametro fondamentale per la valutazione della sua vulnerabilità. Tale indicatore può assumere cinque valori:

- *alto*: questo livello indica la presenza di numerosi difetti di gravità alta o medio-alta ($G = 5$ o $G = 4$) e intensità variabile (k_2) che interessano elementi strutturali. In alternativa, può trattarsi della combinazione di fenomeni molto estesi (k_1);
- *medio-alto*: compresenza di difetti di gravità alta o medio-alta ($G = 5$ o $G = 4$) e di intensità elevata (k_2) su elementi la cui crisi può compromettere la statica dell'opera;
- *medio*: presenza di alcuni difetti di gravità alta o medio-alta ($G = 5$ o $G = 4$) e di intensità elevata (k_2) su elementi la cui crisi non può compromettere il comportamento statico globale dell'opera. Un altro scenario potrebbe prevedere difetti di gravità alta ($G = 5$) e di intensità medio-bassa (k_2);
- *medio-basso*: combinazione di pochi difetti di gravità medio-alta ($G = 4$) con intensità medio-bassa (k_2). In alternativa, presenza di molti difetti di gravità media e bassa ($G = 3, G = 2, G = 1$) e intensità variabile (k_2);
- *basso*: numero esiguo di difetti di gravità media e bassa ($G = 3, G = 2, G = 1$) e intensità variabile (k_2).

Modularità e granularità variabile per la corretta definizione dei fabbisogni informativi

Le cinque classi di livello di difettosità, adottando un approccio semplificato rispetto a quello proposto nelle *Linee Guida*, consentono di stabilire un ordine di priorità per gli interventi sugli apparati decorativi. Nella soluzione originale la classe di attenzione degli elementi analizzati è correlata a un sistema di classificazione del rischio che combina parametri di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione. La proposta semplificata, invece, definisce la priorità solo attraverso i parametri di vulnerabilità, dipendenti dai processi di alterazione e sintetizzati tramite le schede difettologiche.

La natura analitica del metodo, che riduce notevolmente la possibilità di ambiguità nell'interpretazione dei fenomeni da parte degli operatori, ne facilita l'integrazione nelle piattaforme BIM grazie all'utilizzo di pochi parametri, perfettamente definiti (G, k_1, k_2). Questi possono poi essere richiamati in abachi riassuntivi, combinati tramite formule e implementati in filtri di visibilità. Questi consentono la rappresentazione grafica dei dati mediante una scala cro-

Schede difettologiche

N° difetto: **Mur_4**

Porzione di muratura mancante							
Peso del difetto							
G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5			
Estensione k_1					0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k_2					Sempre = 1		
Descrizione							
Il difetto si evidenzia per la mancanza o la rottura di mattoni o blocchi in pietra appartenenti agli elementi strutturali del manufatto.							
Cause							
Se la mancanza di porzione di muratura è localizzata in corrispondenza di fessure allora può essere dovuta a:							
- tensioni o spostamenti che hanno generato tali fessure.							
Se la mancanza di porzione di muratura è localizzata altrove può essere dovuta a:							
- Urti; - disfacimento della malta per cattiva qualità o per effetti di piene; - deterioramento dei materiali dovuti all'effetto del tempo; - presenza di vegetazione infestante (edera, capperi...) che in concomitanza con gli agenti atmosferici facilita la disgregazione della muratura.							
Fenomeni di degrado correlati							



Fig. 2. Scheda difettologica relativa alle lacune da crollo, che possono interessare i paramenti murari.

Se le porzioni di muratura mancanti progrediscono nel tempo, si potrebbe avere una **riduzione della sezione resistente**, molto pericolosa se si sviluppa su elementi strutturali primari. Quando si presenta sui muri di timpano non diminuisce la capacità portante dell'arco ma, se diffusa, può innescare un cedimento di tale elemento con fuoriuscita del riempimento e conseguente avvallamento della sede stradale. Spesso dove mancano porzioni di muratura, si riscontra anche la presenza di **polverizzazione**.

matica che varia dal giallo al blu, permettendo di visualizzare direttamente sul modello le cinque classi di difettosità degli elementi analizzati.

Parametri e loro raggruppamenti, utilizzati per descrivere i fenomeni fisici che interessano l'oggetto di studio, sono una risorsa per strutturare il contenuto informativo in modo coerente con il fabbisogno informativo, così come descritto nelle norme UNI EN ISO 7817-1:2024. La possibilità di ricorrere a indicatori sintetici, come la difettosità relativa, o di esplicitare la combinazione di parametri che li compongono, risponde pienamente all'esigenza di una granularità variabile delle informazioni scambiate.

Oltre alla capacità di adattarsi ai livelli di approfondimento richiesti, il metodo numerico si distingue per la sua flessibilità intrinseca, che lo rende applicabile a un'ampia gamma di fenomeni da documentare. Inoltre, può essere adattato anche a parametri di natura qualitativa, sebbene questi ultimi non consentano di sfruttare appieno la potenza di una correlazione numerica. Nel contesto del caso studio, è stato quindi sviluppato un sistema di catalogazione delle tecniche costruttive (fig. 3) e delle stratificazioni, con l'obiettivo di integrare informazioni strutturali e materiali in un'unica piattaforma di gestione.

Questo approccio risulta particolarmente vantaggioso come tecnica di monitoraggio per parchi e siti culturali di piccole dimensioni, poiché può favorire la creazione di un geo-database nazionale sullo stato di conservazione dei 256 siti archeologici attualmente riconosciuti in Italia (fig. 4). Un elemento rilevante è rappresentato dalla possibilità di utilizzare la fotogrammetria close-range per documentare gli apparati decorativi e gli elementi di pregio, consentendo di condurre ispezioni visive a distanza da parte di esperti e garantendo un riscontro rapido e la prontezza di intervento.

Tuttavia, la soluzione proposta presenta alcune limitazioni che, pur non ostacolando un'implementazione su larga scala, richiedono specifiche strategie per superarle. Una delle principali criticità riguarda il monitoraggio della variazione temporale dei parametri utilizzati per definire i livelli di difettosità. Le piattaforme commerciali, infatti, non sempre consentono di associare agli oggetti parametri aggiornabili nel tempo, ad esempio in seguito a successive ispezioni visive. Questo limite può essere aggirato attraverso l'impiego di sistemi di programmazione visuale integrati nei software di modellazione tridimensionale, che permettono di associare ai singoli oggetti, identificati tramite ID univoco, i valori di parametri archiviati in una banca dati temporale.

Esiste dunque un ampio margine di miglioramento della procedura e le attività di ricerca attuali sono focalizzate sulla definizione di un sistema robusto e scalabile, in grado di tracciare e analizzare le correlazioni tra i principali parametri che regolano i fenomeni di degrado, favorendo così una gestione più efficace e predittiva degli interventi di conservazione.

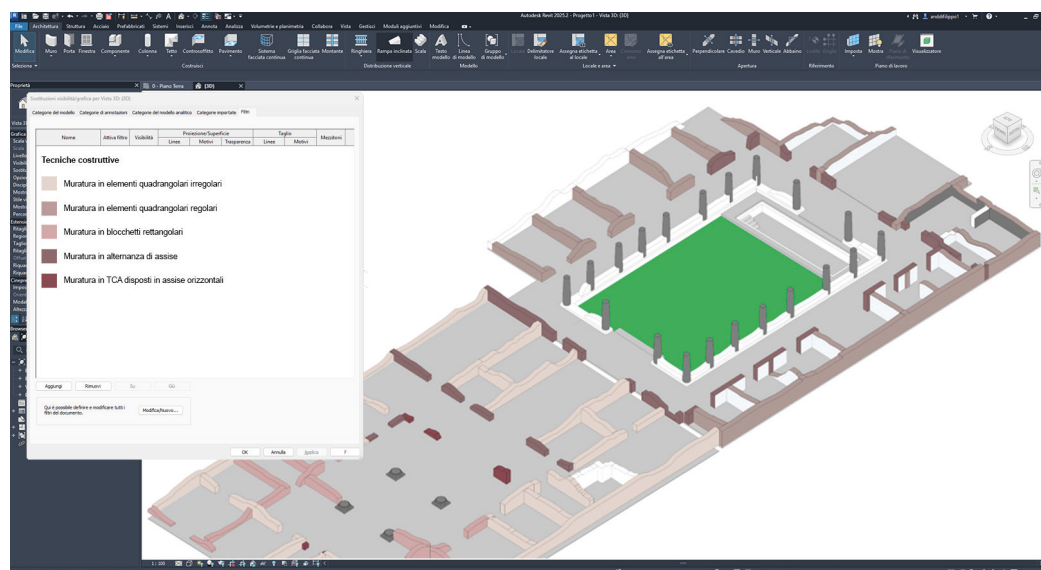
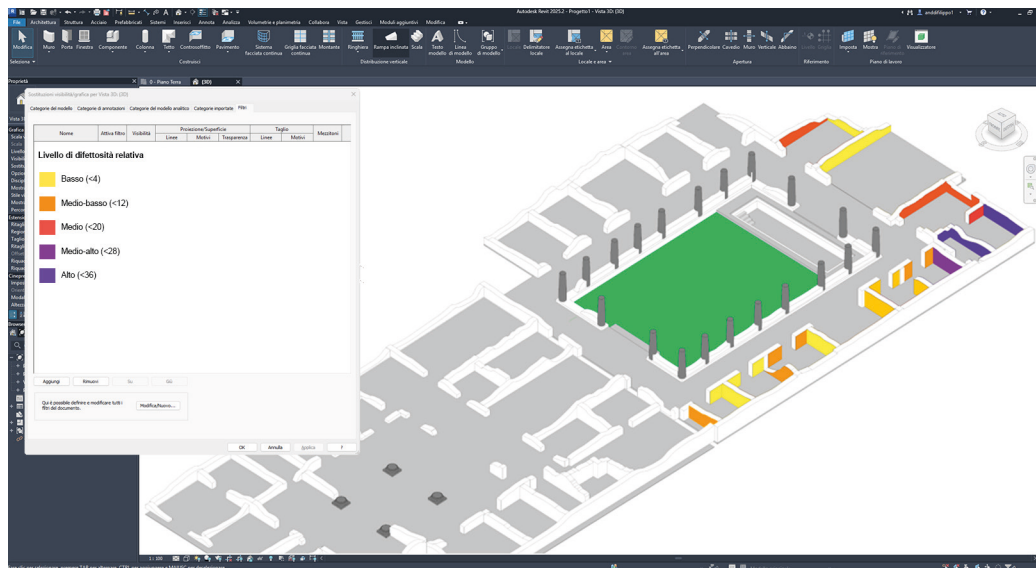


Fig. 3. Vista del modello BIM, con evidenziate in falso colore le tecniche costruttive utilizzate per i paramenti murari.

Fig. 4. Vista del modello BIM che evidenzia, in falso colore, le soglie di difettosità relativa degli elementi architettonici, rappresentative della priorità con cui sarà necessario intervenire per garantire la corretta conservazione delle strutture. I colori vanno dal giallo (bassa priorità) al viola (alta priorità).



La flessibilità della modellazione parametrica

Questo contributo ha l'obiettivo di definire il quadro di riferimento per lo studio interdisciplinare dell'area archeologica dell'Antica Abellinum, un significativo esempio di insediamento risalente all'età della Roma Imperiale. L'approccio metodologico adottato offre un modello solido e una base per futuri progetti integrati, rappresentando un'importante conferma delle potenzialità del Building Information Modelling applicato alla documentazione dei fenomeni di degrado delle strutture, anche in campo archeologico.

Secondo la metodologia proposta i dati raccolti durante le fasi di studio sono stati integrati in un unico modello parametrico e interdisciplinare, che consente un approccio olistico alla documentazione, alla pianificazione e progettazione degli interventi di conservazione del patrimonio, riducendo al minimo il rischio di perdita di informazioni.

Il modello 3D semanticamente arricchito può essere aggiornato costantemente con nuove informazioni e/o nuove fasi del piano di conservazione programmato. Inoltre, esso permette di restituire tutti i documenti (abachi, disegni tradizionali, viste 3D, sezioni trasversali, ecc.) necessari a supportare la fase ideativa degli interventi. In questo contesto, gli strumenti e i metodi testati hanno soddisfatto con successo le esigenze progettuali, pur mostrando margini di ottimizzazione. Un sistema, dunque, che ricorre al BIM quale base grafica e informativa per l'èkphrasis del patrimonio archeologico, in grado di migliorare la narrazione e la conoscenza del *Cultural Heritage*.

Riferimenti bibliografici

- Alonso, B. M., Barba, S., Tordesillas, A. A. (2016). Cultural heritage documentation. Method based on the fusion of optical scanning triangulation and photogrammetric techniques. In *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 21 (28), pp. 236-245. <https://doi.org/10.4995/ega.2016.6308>.
- Barba, S., Barbarella, M., Di Benedetto, A., Fiani, M., Limongiello, M. (2019). Comparison of UAVs performance for a Roman amphitheatre survey: The case of Avella (Italy). In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, pp. 179-186.
- Barontini, A., Alarcon, C., Sousa, H. S., Oliveira, D. V., Masciotta, M. G., Azenha, M. (2022). Development and Demonstration of an HBIM Framework for the Preventive Conservation of Cultural Heritage. In *International Journal of Architectural Heritage*, 16 (10), pp. 1451-1473. <https://doi.org/10.1080/15583058.2021.1894502>.
- Bruno, N., Roncella, R. (2018). A restoration oriented HBIM system for cultural heritage documentation: The case study of Parma cathedral. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, pp. 171-178. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-171-2018>.

- Bruno, S., De Fino, M., Fatiguso, F. (2018). Historic Building Information Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management. In *Automation in Construction*, 86, pp. 256-276. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.009>.
- Centarti, L., Ferreyra, C., Guida, C. G., Limongiello, M., Messina, B. (2024). Documentation and management of complex 3D morphologies through digital technology. In *Acta IMEKO*, 13(2). <https://doi.org/10.21014/actaimeko.v13i2.1845>.
- Diara, F., Rinaudo, F. (2021). Ark-bim: Open-source cloud-based hbim platform for archaeology. In *Applied Sciences* (Switzerland), 11(18), Article 8770. <https://doi.org/10.3390/app11188770>.
- Ferreyra, C., Talenti, S., Antinozzi, S., Limongiello, M., Messina, B. (2024). Multi-scale digital surveying strategy for documentation and disseminating the history of the church of San Giorgio in Salerno. In *SCIRES-IT*, 14(1), pp. 161-174. <https://doi.org/10.2423/122394303v14n1p161>.
- Jouan, P., Hallot, P. (2020). Digital twin: Research framework to support preventive conservation policies. In *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(4), Article 228. <https://doi.org/10.3390/ijgi9040228>.
- Korro Bañuelos, J., Rodríguez Miranda, Á., Valle-Melón, J. M., Zornoza-Indart, A., Castellano-Román, M., Angulo-Fornos, R., Pinto-Puerto, F., Acosta Ibáñez, P., Ferreira-Lopes, P. (2021). The role of information management for the sustainable conservation of cultural heritage. In *Sustainability* (Switzerland), 13(8), Article 4325. <https://doi.org/10.3390/su13084325>.
- Liritano, G., Dodaro, S., Petrunaro, G. (2023). Application of "Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti e viadotti esistenti": the experience of Regione Calabria. In *Procedia Structural Integrity*, 44, pp. 641-648. [10.1016/j.prostr.2023.01.084](https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.084).
- Logothetis, S., Karachaliou, E., Valari, E., Stylianidis, E. (2018). Open source cloud-based technologies for BIM. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*.
- Manferdini, A. M., Russo, M. (2013). *Multi-scalar 3D digitization of Cultural Heritage using a low-cost integrated approach*. Proceedings of the DigitalHeritage 2013 - Federating the 19th Int'l VISM, 10th Eurographics GCH, and 2nd UNESCO Memory of the World Conferences, Plus Special Sessions from CAA, Arqueologica 2.0.
- Moyano, J., León, J., Nieto-Julián, J. E., Bruno, S. (2021). Semantic interpretation of architectural and archaeological geometries: Point cloud segmentation for HBIM parameterisation. In *Automation in Construction*, 130, Article 103856. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103856>.
- Murphy, M., McGovern, E., Pavia, S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). In *Structural Survey*, 27(4), pp. 311-327. <https://doi.org/10.1108/02630800910985108>.
- Parrinello, S., Picchio, F. (2023). Digital Strategies to Enhance Cultural Heritage Routes: From Integrated Survey to Digital Twins of Different European Architectural Scenarios. In *Drones*, 7(9), Article 576. <https://doi.org/10.3390/drones7090576>.
- Pepe, M., Costantino, D., Garofalo, A. R. (2020). An efficient pipeline to obtain 3D model for HBIM and structural analysis purposes from 3D point clouds. In *Applied Sciences* (Switzerland), 10(4), Article 1235. <https://doi.org/10.3390/app10041235>.
- Rocha, G., Mateus, L., Fernández, J., Ferreira, V. (2020). A scan-to-bim methodology applied to heritage buildings. In *Heritage*, 3(1), pp. 47-65. <https://doi.org/10.3390/heritage3010004>.
- Santana Quintero, M. (2017). *HARNESSING DIGITAL WORKFLOWS FOR CONSERVING HISTORIC PLACES*. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-5/W1, pp. 9-14. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-W1-9-2017>.
- Yang, X., Grussenmeyer, P., Koehl, M., Macher, H., Murtyoso, A., Landes, T. (2020). Review of built heritage modelling: Integration of HBIM and other information techniques. In *Journal of Cultural Heritage*, 46, pp. 350-360. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.05.008>.

Autori

Andrea di Filippo, Università degli Studi di Salerno, anddifilippo1@unisa.it
 Marco Limongiello, Università degli Studi di Salerno, mlimongiello@unisa.it
 Bernardo Pèrgamo, Università Nazionale di Córdoba, bpergamo@unc.edu.ar

Per citare questo capitolo: Andrea di Filippo, Marco Limongiello, Bernardo Pèrgamo (2025). Protocolli BIM per la parametrizzazione dei fenomeni di degrado. In L. Carlevaris et al. (a cura di), *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli, pp. 2719-2734. DOI: 10.3280/oa-1430-c896.

BIM Protocols Applied to the Parameterisation of Degradation Phenomena

Andrea di Filippo
Marco Limongiello
Bernardo Pèrgamo

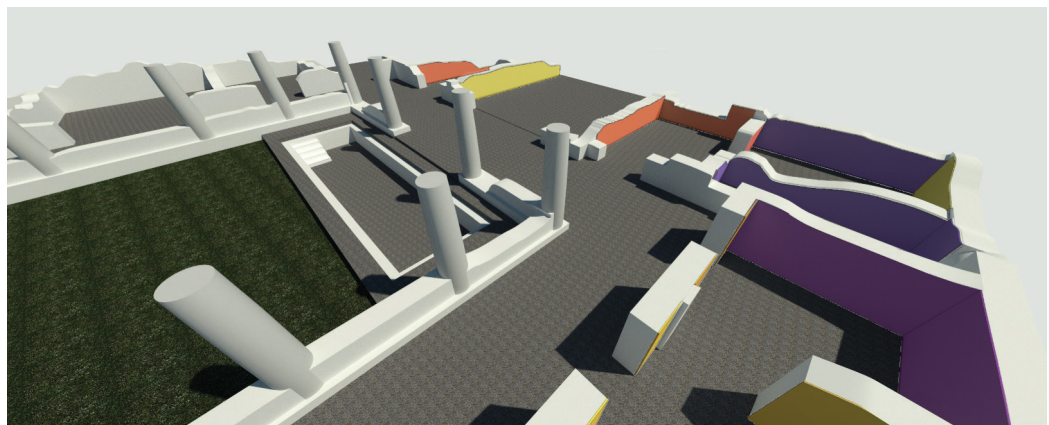
Abstract

The contribution explores the application of Building Information Modelling (BIM) to the documentation and conservation of historical heritage, with a focus on degradation phenomena. The analysis of historical architecture and archaeological sites requires a methodical and integrated approach to manage the information collected over time. The introduction of BIM and semantic modelling makes it possible to gather and structure data in a unified environment, improving efficiency in heritage management. The research focuses on the development of a workflow for the analysis of degradation, through a parameterisation of data aimed at interrelating heterogeneous information and providing an exhaustive description of the alteration phenomena that can affect architectures. The experimentation made it possible to test the proposed solutions, applying numerical evaluation methods to classify defects and determine the vulnerability of architectural elements. The proposed methodology departs from purely graphic approaches, using a vulnerability index to facilitate information management and the planning of restoration work. The results show that the quantitative and modular approach adopted, although with some limitations, offers a solid basis for the integration of information and predictive management of conservation interventions.

Keywords

Semantic modelling, preventive conservation, vulnerability assessment, scalable protocols.

Perspective view of the BIM model. The false-colour scheme, applied to the masonry decorations, defines a priority of intervention in order to counteract, through the planning of appropriate interventions, the degradation phenomena detected through visual inspection of the site. Purple indicates a high priority, yellow a low one.



New methodologies for the analysis and management of architecture

The analysis, documentation and study of historical architecture and archaeological sites is a complex process, which requires a high degree of flexibility and the adoption of a methodical and accurate system for data acquisition and management. However, there is often an excessive fragmentation of information and research pathways, especially when the latter lasts for an extended period of time.

The introduction of new cognitive paradigms, supported by digital technologies –which substantiate a renewed approach to the description of architectural models, taking the form of a true infographic *èkphrasis*– makes it possible to simplify and optimise the recognition of the values of historical architecture, favouring more coherent design decisions. In this perspective, the use of BIM methodology and semantic modelling stands as an effective solution for the knowledge, conservation and management of historical heritage, thanks to the possibility of collecting and structuring data in a unified environment [Barontini *et al.* 2022; Korro Bañuelos *et al.* 2021; Santana Quintero 2017]. The present work aims to explore the potential offered by BIM in the field of cognitive analysis of heritage, with the objective of promoting and enhancing it.

Starting from the monitoring of the ‘state of health’ of the assets through scheduled visual inspections, the necessary data were collected to structure a degradation mapping system capable of combining the flexibility of a numerical method with the immediacy of graphic representation, easily integrated in a BIM environment.

Evolutions and perspectives in parametric modelling

In recent decades, numerous applications of BIM methodology have been tested in the field of documentation, conservation and management of architectural and archaeological heritage [Alonso *et al.* 2016; Manferdini *et al.* 2013; Pepe *et al.* 2020; Yang *et al.* 2020]. These studies have involved historical buildings and complex sites, making it possible to keep track of phenomena, anthropogenic and otherwise, that have produced a transformation of structures over time [Bruno *et al.* 2018; Parrinello *et al.* 2023; Rocha *et al.* 2020].

Early experiments in the use of BIM focused mainly on the creation of architectural libraries, as existing commercial platforms were designed for new construction and did not offer suitable tools for the representation of the built environment. Indeed, the uniqueness of historical architecture challenges the standardised logic of parametric modelling, requiring special attention to the detailed representation of its components. It is not only a matter of semantically decomposing architectural elements [S. Bruno *et al.* 2018; Moyano *et al.* 2021], but also of describing their interconnections in the context of the building organism.

Today, these issues are addressed with multiple approaches, ranging from procedural modelling, characterised by a high level of geometric abstraction [Murphy *et al.* 2009], to digital replicas, capable of preserving all surface irregularities. Although this topic is widely debated and needs to be addressed by the scientific community, the approximation of geometries may not fully reflect the potential of a parameter-based approach. If the objective of a study is the detailed geometric analysis of architectural elements, reality-based modelling techniques –which produce point clouds or polygonal meshes– are still the most effective solution, even though they only allow the “skin” of structures to be documented, unless they are complemented with non-optical technologies [Barba *et al.* 2019].

By refining the BIM methodology for heritage documentation, it becomes crucial to rethink the possible applications of digital models, which should not be limited to a purely geometric description. In fact, parametrisation allows for the integration of heterogeneous information, which can range from the mapping of decay in a three-dimensional environment to the analysis of construction techniques and evolution phases of the building [Centarti *et al.* 2024; Ferreyra *et al.* 2024].

In this context, the three-dimensional representation of the object can be enriched with semantic annotations, encouraging the sharing and use of 3D models and structured data through specific web platforms [Diara *et al.* 2021; Logothetis *et al.* 2018]. The present study

focuses on the definition of a replicable workflow for degradation analysis, aimed at restoration. The methodology adopted is based on the adaptation of existing regulatory tools to the logic of parametric systems, with the aim of simplifying and standardising the exchange of information between the professionals involved.

The case study of the Roman *domus* of Abellinum

The solutions proposed in this contribution were applied to the Roman *domus* located in the archaeological area of Ancient Abellinum, on the top of the *Civita* hill, in the municipality of Atripalda (Avellino). In the north-eastern area of the *Civita*, the layout of a structure covering an entire block was found, while traces of a similar building to the east suggest the residential use of this urban sector:

The *domus*, with a surface area of approximately 2,500 m², has been the subject of archaeological investigations on several occasions, from the 1980s until the 2009/10 campaigns. The discovery of a bronze seal with an onomastic formula has allowed the ownership of the complex, in its heyday, to be attributed to *Marcus Vipsanius Primigenius*, a freedman of *Vipsanius Agrippa*, an influential member of the Roman aristocracy in the first decade of the Empire.

The building originates from a late-Republican plan with a centripetal layout, organised around the *atrium*, and then evolved in the Imperial period to assume the configuration documented by the excavations. The architectural development is longitudinal, with an axial layout that has its entrance to the south, where one recognises a *vestibulum* (room H1) 1.60 m deep, facing the *decumanus*. The fulcrum of the *domus* is represented by the rectangular peristyle in the northern section (room C1), around which the manorial rooms destined for representation, including room M1, identified as a *triclinium*, are articulated (fig. 1).

These spaces, characterised by rich wall decorations, were the subject of an in-depth study as part of the documentation activities, with a focus on assessing their state of preservation. The studies were conducted in collaboration with the research group of archaeologists belonging to the Department of Cultural Heritage Sciences at the University of Salerno, as part of a research project aimed at enhancing the areas of *Sannio* and *Irpinia* crossed by the *Appia Antica*, recently included in the UNESCO World Heritage List.

Parametrisation of degradation: a hybrid approach to vulnerability assessment

The scientific literature offers numerous examples of strategies for mapping degradation. In the case of stone materials, many applications have transposed the NorMaL Recommendations 1/88, later merged in UNI 11182:2006, into three-dimensional modelling. The original



Fig. 1. Peristyle with a rectangular plan, located in the northern area of the *domus*. Surrounding this space are all the master rooms of the house intended for the representation of degradation phenomena.

document, in addition to classifying macroscopic alterations, provides a repertoire of symbols for their representation in traditional technical drawings. However, although effective in describing degradation phenomena, this approach is not immediately integrable into a three-dimensional model.

Currently, only one commercial platform allows this process to be automated, treating lesions and degraded areas as independent parametric objects without a direct link to the architectural elements concerned. This method allows modelling certain attributes, such as the extent of degraded surfaces, but is limited in terms of parameterisation and flexibility. Moreover, it does not allow a structured integration of the data into a decision support system, which is an essential requirement for the construction of a fully operational digital twin [Jouan *et al.* 2020].

The methodology proposed in this contribution initially departs from a purely graphical approach, favouring instead the calculation of a global numerical index of element vulnerability. This value is determined by the combination of parameters monitored through visual inspections of the site of interest. The numerical assessment method adopted is inspired by the *Guidelines for Risk Classification and Management, Safety Assessment and Monitoring of Existing Bridges*, formalised in their most recent version by Decree 204/2022 of the Ministry of Infrastructure and Sustainable Mobility [Liritano *et al.* 2023].

Originally developed for the management and monitoring of road works, this tool provides a concise criterion for assessing the state of preservation of the constituent elements of an engineering work. Its modular and parametric nature makes it easy to integrate into digital modelling platforms, enabling more efficient and standardised information management. The approach outlined in the ministerial decree, already successfully tested in other major archaeological parks, has been appropriately adapted to the context of cultural heritage. Specifically, while the analysis parameters have been remodelled to respond to the peculiarities of each historical-artistic artefact, the methodology underlying the vulnerability index of the work remains unchanged, thus ensuring continuity and effectiveness in the monitoring and protection of cultural heritage.

For each element of the structure, in relation to the materials and construction techniques, defect sheets were drawn up, in which potential defects produced by material alteration processes are catalogued. The sheets not only describe the nature of the phenomena and the possible causes, but also support the technician in defining a priority for intervention. For example, eleven distinct degradation phenomena were identified for the decorative apparatus of the rooms adjacent to the peristyle of the *domus*: vegetation, collapse lacuna, biological colonisation, detachment, decohesion, deformation, cracking, absent/degraded upper edge, absent/degraded lower edge, salt efflorescence/substrate and lifting of the paint film. These phenomena were observed during a preventive monitoring phase of the work and are related to both internal (e.g., material properties) and external (e.g., environmental conditions) factors.

Each defect was characterised by three parameters, introduced by the previously mentioned *Guidelines*:

- a weight G , varying from 1 to 5 (less serious defects have a weight of 1, more serious ones have a weight of 4 or 5 and require careful surveying, especially to check whether they may affect the statics of the work);
- a coefficient k_1 , from 0.2 to 1, indicating the extent of the defect;
- a coefficient k_2 , from 0.2 to 1, indicating the intensity of the defect.

The defect sheet, associated with each of the analysed phenomena, clarifies how the three parameters are to be interpreted, supporting the visual inspection activity with an objective contribution (Fig. 2). For each defect type, the numerical value resulting from the product $G \times k_1 \times k_2$ quantifies the impact on maintenance strategies. On the other hand, the sum of all the values calculated for the defects observed ($\sum_i G_i \times k_{1,i} \times k_{2,i}$) represents an overall measure of the state of preservation of the element analysed. This value, termed relative defectiveness (RD), can be calculated for each architectural element, providing a key indicator of the level of defectiveness, a fundamental parameter for assessing its vulnerability. This indicator can take five values:

- *high*: this level indicates the presence of numerous defects of high or medium-high severity ($G = 5$ or $G = 4$) and variable intensity (k_2) affecting structural elements. Alternatively, it may be the combination of very extensive phenomena (k_1);
- *medium-high*: compresence of defects of high or medium-high severity ($G = 5$ or $G = 4$) and high intensity (k_2) on elements whose crisis may compromise the static of the structure;
- *medium*: presence of some defects of high or medium-high severity ($G = 5$ or $G = 4$) and high intensity (k_2) on elements whose crisis may not compromise the overall static behaviour of the structure. Another scenario could involve defects of high severity ($G = 5$) and medium-low intensity (k_2);
- *medium-low*: combination of few medium-high ($G = 4$) severity defects with medium-low (k_2) intensity. Alternatively, presence of many defects of medium and low severity ($G = 3$, $G = 2$, $G = 1$) and variable intensity (k_2);
- *low*: small number of defects of medium and low severity ($G = 3$, $G = 2$, $G = 1$) and variable intensity (k_2).

Modularity and variable granularity for the correct definition of information needs

The five classes of defect level, adopting a simplified approach compared to the one proposed in the *Guidelines*, make it possible to establish an order of priority for interventions on the decorative elements. In the original solution the class of attention of the elements analysed is correlated to a risk classification system that combines hazard, vulnerability and exposure parameters. The simplified proposal, on the other hand, defines the priority only through the vulnerability parameters, dependent on the alteration processes and summarised through the defect sheets.

The analytical nature of the method, which considerably reduces the possibility of ambiguity in the interpretation of phenomena by operators, facilitates its integration into BIM platforms thanks to the use of a few, perfectly defined parameters (G , k_1 , k_2). These can then be retrieved in summary schedules, combined through formulas and implemented in visibility filters. These allow the graphic representation of the data by means of a colour scale ranging

Schede difettologiche					N° difetto: Mur_4		
Porzione di muratura mancante							
Peso del difetto							
G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5	Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)
					Intensità k_2	Sempre = 1	
Descrizione							
Il difetto si evidenzia per la mancanza o la rottura di mattoni o blocchi in pietra appartenenti agli elementi strutturali del manufatto.							
Cause							
Se la mancanza di porzione di muratura è localizzata in corrispondenza di fessure allora può essere dovuta a:							
- tensioni o spostamenti che hanno generato tali fessure.							
Se la mancanza di porzione di muratura è localizzata altrove può essere dovuta a:							
- Urti; - disfacimento della malta per cattiva qualità o per effetti di piene; - deterioramento dei materiali dovuti all'effetto del tempo; - presenza di vegetazione infestante (edera, capperi..) che in concomitanza con gli agenti atmosferici facilita la disgregazione della muratura.							
Fenomeni di degrado correlati							
Se le porzioni di muratura mancanti progrediscono nel tempo, si potrebbe avere una riduzione della sezione resistente , molto pericolosa se si sviluppa su elementi strutturali primari. Quando si presenta sui muri di timpano non diminuisce la capacità portante dell'arco ma, se diffusa, può innescare un cedimento di tale elemento con fuoriuscita del riempimento e conseguente avvallamento della sede stradale. Spesso dove mancano porzioni di muratura, si riscontra anche la presenza di polverizzazione .							



Fig. 2. Defect sheet relating to collapse gaps, which may affect the wall faces.

from yellow to blue, enabling the five defect classes of the analysed elements to be displayed directly on the model.

Parameters and their groupings, used to describe the physical phenomena affecting the object of study, are a resource for structuring the information content in a manner consistent with the information requirement, as described in UNI EN ISO 7817-1:2024. The possibility of using synthetic indicators, such as relative defectiveness, or of making explicit the combination of parameters that make them up, fully meets the need for variable granularity of the information exchanged.

In addition to its ability to adapt to the levels of detail required, the numerical method is distinguished by its inherent flexibility, which makes it applicable to a wide range of phenomena to be documented. Moreover, it can also be adapted to qualitative parameters, although the latter do not allow the full power of a numerical correlation to be exploited. In the context of the case study, a system for cataloguing construction techniques (fig. 3) and stratifications was therefore developed, with the aim of integrating structural and material information in a single management platform.

This approach is particularly advantageous as a monitoring technique for parks and small cultural sites, as it can facilitate the creation of a national geo-database on the conservation status of the 256 currently recognised archaeological sites in Italy (fig. 4). A relevant element is the possibility of using close-range photogrammetry to document the decorative apparatuses and valuable elements, making it possible to conduct remote visual inspections by experts and guaranteeing rapid feedback and prompt action.

However, the proposed solution has some limitations that, while not hindering large-scale implementation, require specific strategies to overcome them. One of the main critical issues concerns monitoring the temporal variation of the parameters used to define defect levels. Commercial platforms, in fact, do not always allow parameters to be associated with objects that can be updated over time, for example following subsequent visual inspections. This limitation can be circumvented through the use of visual programming systems integrated in three-dimensional modelling software, which allow the values of parameters stored in a temporal database to be associated with individual objects, identified by a unique ID.

There is therefore ample room for improvement in the procedure, and current research activities are focused on the definition of a robust and scalable system capable of tracking and analysing the correlations between the main parameters governing degradation phenomena, thus favouring a more effective and predictive management of conservation interventions.

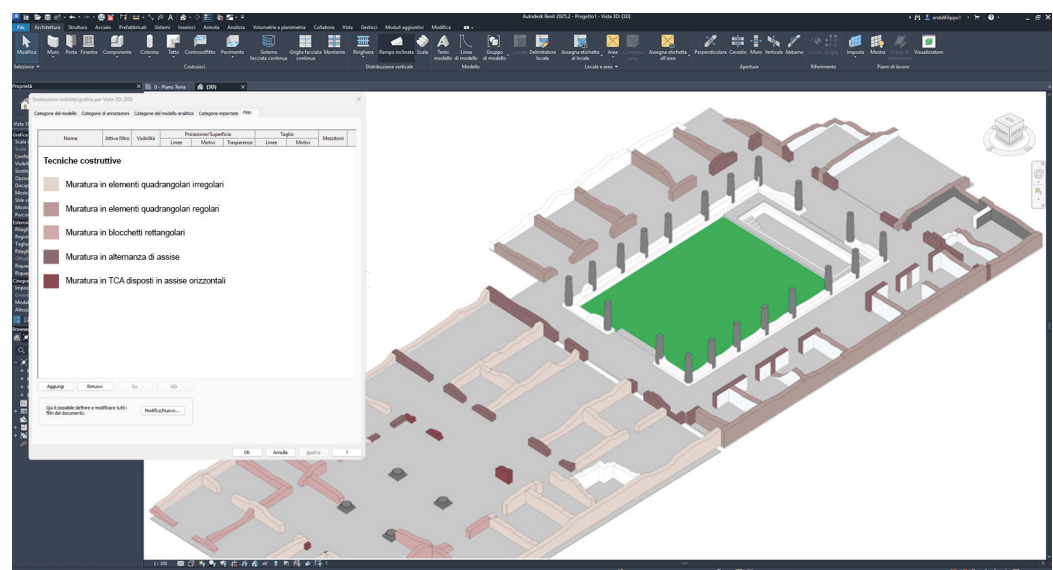
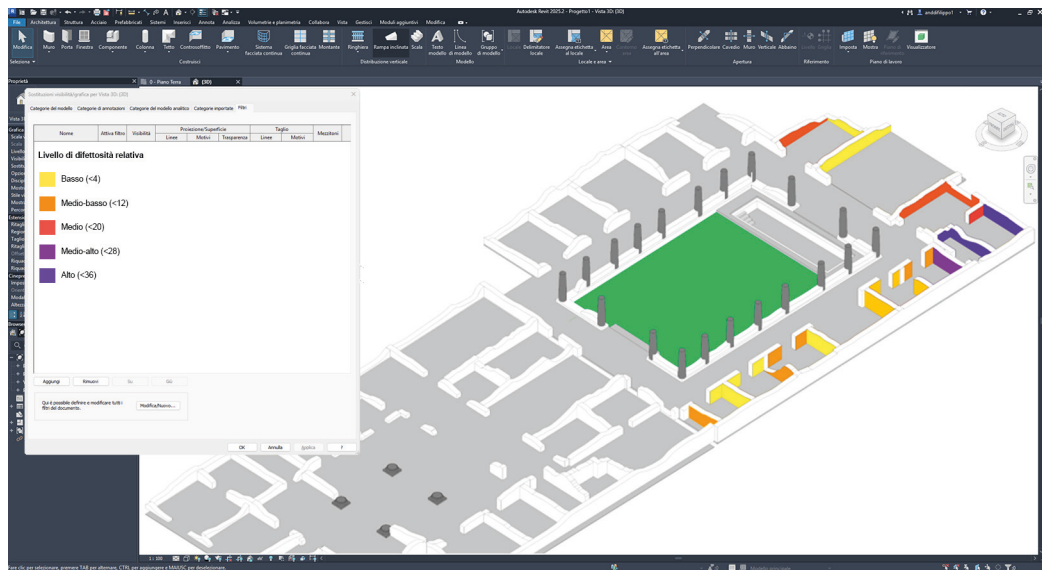


Fig. 3. View of the BIM model, with the construction techniques used for the wall faces highlighted in false colour.

Fig. 4. View of the BIM model highlighting, in false colour, the thresholds of relative defectiveness of the architectural elements, representative of the priority with which it will be necessary to intervene to ensure the correct conservation of the structures. The colours range from yellow (low priority) to purple (high priority).



The flexibility of parametric modelling

The aim of this contribution is to define the framework for the interdisciplinary study of the archaeological area of Ancient *Abellinum*, a significant example of a settlement dating back to the age of Imperial Rome. The methodological approach adopted offers a solid model and a basis for future integrated projects, representing an important confirmation of the potential of Building Information Modelling applied to the documentation of degradation phenomena of structures, also in the archaeological field.

According to the proposed methodology, the data collected during the study phases have been integrated into a single parametric and interdisciplinary model, which allows for a holistic approach to the documentation, planning and design of heritage conservation interventions, minimising the risk of information loss.

The semantically enriched 3D model can be constantly updated with new information and/or new phases of the planned conservation plan. In addition, it allows the production of all documents (schedules, traditional drawings, 3D views, cross-sections, etc.) necessary to support the design phase of interventions. In this context, the tools and methods tested successfully met the design requirements, while showing margins for optimisation. A system, therefore, that uses BIM as a graphic and informative basis for the *èkphrasis* of the archaeological heritage, capable of improving the narration and knowledge of Cultural Heritage.

Reference List

- Alonso, B. M., Barba, S., Tordesillas, A. A. (2016). Cultural heritage documentation. Method based on the fusion of optical scanning triangulation and photogrammetric techniques. In *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 21 (28), pp. 236-245. <https://doi.org/10.4995/ega.2016.6308>.
- Barba, S., Barbarella, M., Di Benedetto, A., Fiani, M., Limongiello, M. (2019). Comparison of UAVs performance for a Roman amphitheatre survey: The case of Avella (Italy). In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, pp. 179-186.
- Barontini, A., Alarcon, C., Sousa, H. S., Oliveira, D. V., Masciotta, M. G., Azenha, M. (2022). Development and Demonstration of an HBIM Framework for the Preventive Conservation of Cultural Heritage. In *International Journal of Architectural Heritage*, 16 (10), pp. 1451-1473. <https://doi.org/10.1080/15583058.2021.1894502>.
- Bruno, N., Roncella, R. (2018). A restoration oriented HBIM system for cultural heritage documentation: The case study of Parma cathedral. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, pp. 171-178. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-171-2018>.
- Bruno, S., De Fino, M., Fatiguso, F. (2018). Historic Building Information Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management. In *Automation in Construction*, 86, pp. 256-276. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.009>.

- Centarti, L., Ferreyra, C., Guida, C. G., Limongiello, M., Messina, B. (2024). Documentation and management of complex 3D morphologies through digital technology. In *Acta IMEKO*, 13(2). <https://doi.org/10.21014/actaimeko.v13i2.1845>.
- Diara, F., Rinaudo, F. (2021). Ark-bim: Open-source cloud-based hbim platform for archaeology. In *Applied Sciences* (Switzerland), 11(18), Article 8770. <https://doi.org/10.3390/app11188770>.
- Ferreyra, C., Talenti, S., Antinozzi, S., Limongiello, M., Messina, B. (2024). Multi-scale digital surveying strategy for documentation and disseminating the history of the church of San Giorgio in Salerno. In *SCIRES-IT*, 14(1), pp. 161-174. <https://doi.org/10.2423/122394303v14n1p161>.
- Jouan, P., Hallot, P. (2020). Digital twin: Research framework to support preventive conservation policies. In *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(4), Article 228. <https://doi.org/10.3390/ijgi9040228>.
- Korro Bañuelos, J., Rodríguez Miranda, Á., Valle-Melón, J. M., Zornoza-Indart, A., Castellano-Román, M., Angulo-Fornos, R., Pinto-Puerto, F., Acosta Ibáñez, P., Ferreira-Lopes, P. (2021). The role of information management for the sustainable conservation of cultural heritage. In *Sustainability* (Switzerland), 13(8), Article 4325. <https://doi.org/10.3390/su13084325>.
- Liritano, G., Dodaro, S., Petrunaro, G. (2023). Application of "Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti e viadotti esistenti": the experience of Regione Calabria. In *Procedia Structural Integrity*, 44, pp. 641-648. [10.1016/j.prostr.2023.01.084](https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.084).
- Logothetis, S., Karachaliou, E., Valari, E., Stylianidis, E. (2018). *Open source cloud-based technologies for BIM*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives.
- Manferdini, A. M., Russo, M. (2013). *Multi-scalar 3D digitization of Cultural Heritage using a low-cost integrated approach*. Proceedings of the DigitalHeritage 2013 - Federating the 19th Int'l VSMM, 10th Eurographics GCH, and 2nd UNESCO Memory of the World Conferences, Plus Special Sessions from CAA, Arqueologica 2.0.
- Moyano, J., León, J., Nieto-Julián, J. E., Bruno, S. (2021). Semantic interpretation of architectural and archaeological geometries: Point cloud segmentation for HBIM parameterisation. In *Automation in Construction*, 130, Article 103856. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103856>.
- Murphy, M., McGovern, E., Pavia, S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). In *Structural Survey*, 27(4), pp. 311-327. <https://doi.org/10.1108/02630800910985108>.
- Parrinello, S., Picchio, F. (2023). Digital Strategies to Enhance Cultural Heritage Routes: From Integrated Survey to Digital Twins of Different European Architectural Scenarios. In *Drones*, 7(9), Article 576. <https://doi.org/10.3390/drones7090576>.
- Pepe, M., Costantino, D., Garofalo, A. R. (2020). An efficient pipeline to obtain 3D model for HBIM and structural analysis purposes from 3D point clouds. In *Applied Sciences* (Switzerland), 10(4), Article 1235. <https://doi.org/10.3390/app10041235>.
- Rocha, G., Mateus, L., Fernández, J., Ferreira, V. (2020). A scan-to-bim methodology applied to heritage buildings. In *Heritage*, 3(1), pp. 47-65. <https://doi.org/10.3390/heritage3010004>.
- Santana Quintero, M. (2017). *HARNESSING DIGITAL WORKFLOWS FOR CONSERVING HISTORIC PLACES*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-5/W1, pp. 9-14. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-W1-9-2017>.
- Yang, X., Grussenmeyer, P., Koehl, M., Macher, H., Murtiyoso, A., Landes, T. (2020). Review of built heritage modelling: Integration of HBIM and other information techniques. In *Journal of Cultural Heritage*, 46, pp. 350-360. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.05.008>.

Authors

Andrea di Filippo, University of Salerno, anddifilippo1@unisa.it
 Marco Limongiello, University of Salerno, mlimongiello@unisa.it
 Bernardo Pèrgamo, National University of Córdoba, bpèrgamo@unc.edu.ar

To cite this chapter: Andrea di Filippo, Marco Limongiello, Bernardo Pèrgamo (2025). BIM Protocols Applied to the Parameterisation of Degradation Phenomena. In L. Carlevaris et al. (Eds.), *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, 2719-2734. DOI: 10.3280/oa-1430-c896.