

UN MODELLO DI RAPPRESENTAZIONE PER IL RESTAURO

Il caso dell'oratorio di S. Saba a Roma

Marta Acierno¹

¹ Dipartimento di Disegno, Storia e Restauro dell'Architettura, 'Sapienza', marta.acierno@uniroma1.it

Keywords: BHIM, ontologie, restauro, modellizzazione, rappresentazione

1. Introduzione

Un modello di rappresentazione realizzato attraverso il linguaggio delle ontologie informatiche consente di esprimere i contenuti, oggetto di interesse, tramite la descrizione formale dei concetti che li rappresentano e delle relazioni tra essi esistenti (Gruber 2009, Carrara 2014). Ogni concetto, fisico o astratto, è rappresentato da un'entità definita da tre elementi: significato, proprietà e regole (*meanings, properties, rules*). Il significato viene espresso da una definizione che introduce la semantica dell'oggetto; questa a sua volta viene articolata in una serie di caratteristiche espresse come proprietà e regole.

Le proprietà possono essere di due tipi:

- proprietà 'dato': presentano dati legati direttamente all'oggetto (ad esempio la datazione di un elemento costruttivo).
- proprietà 'oggetto': mettono in relazione l'oggetto con un altro oggetto (o più oggetti). Per esempio, una chiesa è costituita da un'aula e un'abside. La proprietà 'È costituita da' mette in relazione l'entità 'chiesa' con le entità 'abside' e 'aula'. Le 'regole' costituiscono gli elementi di collegamento attraverso i quali la singola entità è riferita alle altre e all'intera struttura: possono essere relazionali (gerarchiche o di appartenenza) o di ragionamento. Queste ultime permettono di attivare la potenzialità inferenziale dell'Ontologia, ossia la possibilità di avviare ragionamenti sulla base di condizioni stabilite a priori tra le entità. I diversi concetti sono legati tra loro dalla struttura di conoscenza; tale struttura è articolata in modo tale da rappresentare diversi livelli semantici e rispondere ad un'utenza diversificata.

Alla definizione, focalizzata sul significato del concetto che si vuole esprimere, fisico o astratto, fanno seguito la collocazione in una 'classe' e in un 'dominio', nonché la definizione delle 'proprietà' che ne completano la descrizione. La possibilità d'inserire il concetto in una 'classe' dà modo d'identificarne il significato più ampio, consentendo l'istituzione di relazioni fra questo e altri oggetti simili. In tal modo sono garantite la fedeltà della descrizione specifica e la ricchezza della rappresentazione del contesto.

Una volta chiariti i domini attraverso le classi, le proprietà e le regole si può procedere alla formalizzazione delle istanze, ossia degli oggetti reali di cui si vuole ottenere la rappresentazione.

Sebbene ogni entità sia descritta e strutturata a partire dalle proprie caratteristiche, la scheda mediante la quale è stata strutturata la conoscenza che la riguarda è standard ed è stata messa a punto dopo averne verificato l'adeguatezza nei diversi casi. I campi che essa presenta sono:

Nome/classe/super classe e sottoclasse/Proprietà Oggetto e Proprietà dato (Figura 1).

Classe: Unità spaziale			
Sottoclasse: Oratorio			
	Cod.	Relazione	Codominio
Proprietà oggetto	P1	È composta da	Componenti spaziali: Aula Abside Corridoio funerario Aggregato di loculi Tomba Tomba isolata
	P2	È parte di	Unità architettonica: Chiesa di San Saba
	PP12	È studiata da	Attori: Krautheimer Delle Rose Fiocchi Nicolai
	PL123	Risulta da	Evento Trasformazione
Proprietà dato	Dp1	Misura	155 m ²
	Dp2	È ambiente ipogeo	boolean: yes
	Dp3	È accessibile	boolean: yes
	Dp4	È visitabile	boolean: no

Figura 1. Scheda di formalizzazione dell'istanza: 'Oratorio di S. Saba'. Lo stesso modello è impiegato per tutte le istanze.

2. Il modello: formalizzazione e contenuti

Il modello proposto mediante le ontologie è articolato in cinque domini principali che intendono sviluppare la rappresentazione dell'intero processo di restauro: l' 'artefatto', orientato alla descrizione dell'organismo architettonico, gli 'attori', rivolto alla descrizione dei soggetti coinvolti a vario titolo nell'esistenza della fabbrica, il 'processo di indagine per il costruito storico' definito per la descrizione della conoscenza raccolta riguardante la fabbrica, il 'ciclo di vita_1', dedicato alla descrizione del processo di trasformazione, il 'ciclo di vita_2', finalizzato alla rappresentazione dei processi progettuali e gestionali della fabbrica (Figura 2).

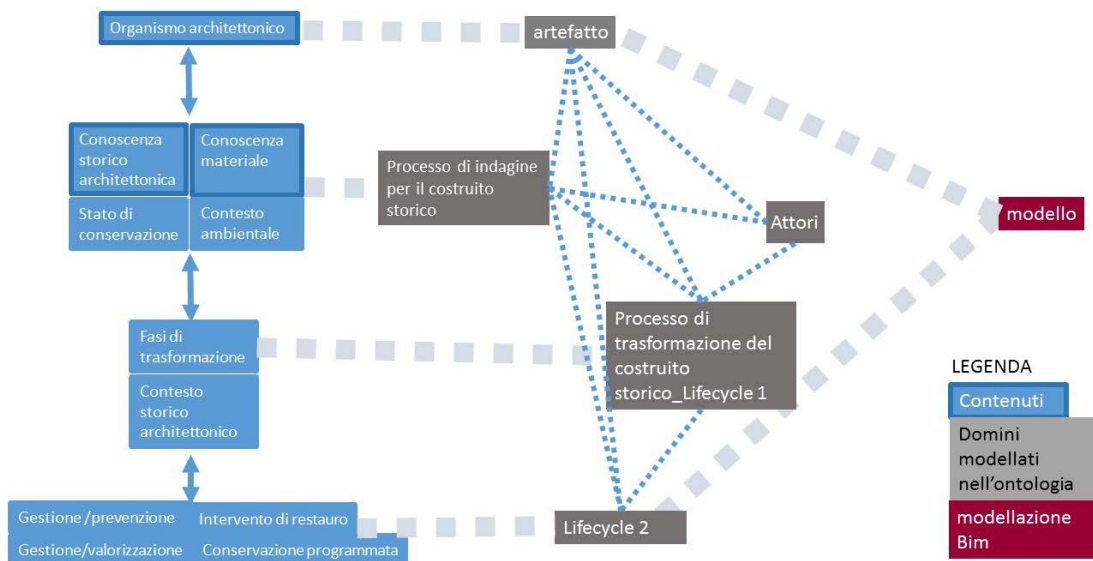


Figura 2. Schema del modello di rappresentazione del processo di studio e restauro del costruito storico

Lo sviluppo dei domini ha seguito un processo analitico di messa a punto di classi ed entità, organizzate in tassonomie. Le 'classi' possono declinarsi in 'superclassi' e 'sottoclassi' a seconda della relazione gerarchica che intercorre tra loro. Il significato, associato ai singoli concetti, è espresso, come si è visto, mediante definizioni, integrate da proprietà che ne descrivono le relazioni con il contesto. Tale struttura, imposta dalla formalizzazione di un'Ontologia (modellizzazione informatica), rende necessario un rigore che da un lato consente di affinare le analisi e articolare la ricerca sulla base di "definizioni più appropriate" (Ciotti 2014, Gigliozzi *et al.* 2003, Mc Carty 2005, Orlandi 2010) dall'altro, per non rischiare di cadere in contraddizione, potrebbe indurre a rappresentazioni semplificate (Fiorani *supra*).

Onde non incorrere in tale inconveniente e intendendo sfruttare appieno le potenzialità dello strumento impiegato, il lavoro è stato impostato a partire da un unico edificio, di dimensioni piuttosto ridotte, in modo da poterne controllare pienamente la descrizione e avviare così un processo di graduale implementazione dell'Ontologia. Inoltre la formalizzazione, seppur prevalentemente inedita, ha inteso porsi in continuità con un modello concettuale già esistente, il Cidoc (vedi Fiorani *supra*, Crofts, Doerr, Gill, Stead, Stiff, 2003), elaborato dall'ICOM e ora riconosciuto come standard ISO 21127:2014 (http://www.cidoc-crm.org/sites/default/files/cidoc_crm_version_6.2.pdf [29.12.2016]). Alcune classi sono state riprese altre integrate e aggiunte.

2.1 Il dominio 'artefatto'

Il dominio dedicato alla descrizione della fabbrica si articola sui diversi aspetti che strutturano l'architettura in modo da consentire una rappresentazione esaustiva dell'intero organismo. Il modello sviluppato propone una lettura che non si limita a considerare l'architettura come derivante da una 'somma di larghezze, lunghezze e altezze degli elementi costruttivi che racchiudono lo spazio' ma muove da una concezione organica che identifica nello spazio 'racchiuso', in cui 'camminare' e 'vivere', la sostanza fondante della composizione architettonica (Zevi 1949, Caperna *supra*). Pertanto la comprensione dello spazio assume un ruolo centrale e di raccordo tra la lettura tipologica e quella costruttiva. Data la natura composita dell'architettura le entità considerate sono state strutturate secondo una tassonomia gerarchica, basata su relazioni di ereditarietà o assemblaggio, articolata in unità, componenti ed elementi. Tali categorie generali (classi) sono state poi integrate con le categorie specifiche dell'architettura: la tipologia, lo spazio, la costruzione e declinate secondo le configurazioni possibili. Nel definire le tassonomie il criterio è stato comunque sempre quello di proporre uno schema rappresentativo per il caso di studio, con qualche eventuale approfondimento, senza la pretesa di mettere a punto uno schema universale bensì un modello gradualmente implementabile.

L'identificazione tipologica viene proposta attraverso l'introduzione della classe 'unità architettonica', definita come: "organismo riferibile ad una funzione e ad una tipologia architettonica" e suddivisa in due sottoclassi: 'unità architettonica religiosa' e 'unità architettonica civile'. All'interno di tali classi, si collocano ulteriori sottoclassi che introducono le tipologie architettoniche quali ad esempio: 'chiesa', 'tempio', '*domus*', 'palazzo' ecc. Ogni sottoclasse può essere ulteriormente specificata (es. tempio *in antis*, prostilo, anfi-prostilo, periptero ecc) e contenere al suo interno ('essere popolata') le cosiddette istanze, ossia i singoli edifici.

Il modello per la descrizione dello spazio si è articolato su tre aspetti caratterizzanti prevalenti: il rapporto tra vuoto interno e volume costruito, il rapporto con la funzione e infine il rapporto in continuo divenire con gli spazi confinanti. Pertanto la descrizione è articolata attraverso un sistema di superclassi e classi, quali 'unità spaziale' e 'componente spaziale', definite, la prima come 'parte dell'organismo architettonico che presenta un'identità funzionale e architettonica propria e definisce un ambito continuo' e la seconda in quanto 'parte dell'organismo architettonico che definisce uno spazio non definito in sé, non autonomo dal punto di vista funzionale ed intrinsecamente correlato ad altri spazi'. Le 'unità' e le 'componenti' sono intrinsecamente legate tra loro tramite una relazione gerarchica che si esprime in termini di modellizzazione con le proprietà «è costituita da» ed «è parte di». Mentre la definizione delle superclassi 'unità' e 'componente' spaziale si è sviluppata sulla base di criteri generali per lo studio dell'architettura, la loro declinazione ha richiesto una

lettura della fabbrica oggetto di studio che identificasse gli elementi qualificanti, concorrenti alla configurazione dello spazio (figura 3).

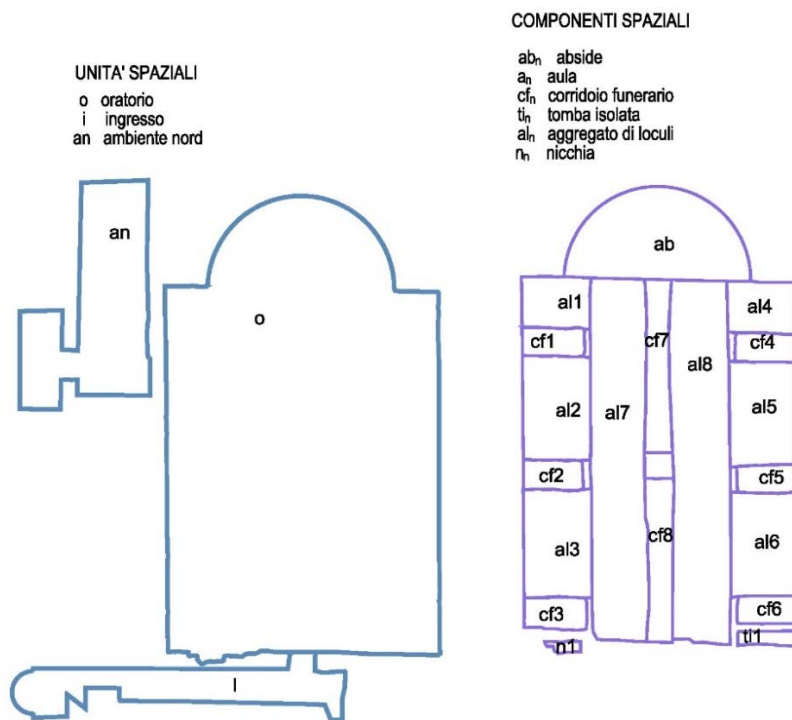


Figura 3. Pianta schematica dell'Oratorio di San Saba, identificazione delle unita e componenti spaziali

Le unità spaziali identificate sono: l'oratorio, l'ingresso e l'ambiente nord. L'unità 'oratorio' è poi «composta da» diverse 'componenti spaziali', quali: l'abside, l'aula, il corridoio funerario, gli "aggregati di loculi", la nicchia, la tomba isolata. In particolare la proprietà «È composta da» mette in relazione il dominio delle 'unità' con il codominio delle 'componenti spaziali'. Così si potrà esprimere il concetto, ad esempio, che l'oratorio è costituito da un'aula, un'abside, diversi corridoi funerari, tombe isolate ed aggregati di loculi e, a partire da questi, procedere con la descrizione più dettagliata della loro parti. La relazione con l'unità architettonica, di cui l'unità spaziale è parte, viene espressa con la proprietà «È parte di», la quale lega il dominio delle unità spaziali con quello delle unità architettoniche. Tale proprietà esplicita una relazione gerarchica superiore, mentre quella precedentemente descritta una gerarchia inferiore.

Mentre alcune 'unità spaziali', come 'abside', 'aula', 'nicchia' sono ampiamente codificate nel linguaggio dell'architettura, altre sono state introdotte nell'ambito della ricerca perché relative a configurazioni non comuni. L'oratorio (Caperna, Cutarelli *supra*) contiene al suo interno infatti un cimitero, realizzato al servizio della comunità monastica che vi abitava. Tale cimitero è stato ricavato nel IX secolo tra le mura dell'oratorio, al di sotto del pavimento, secondo un impianto molto regolare costituito da elementi modulari che si ripetono in modo da sfruttare a pieno lo spazio a disposizione. Questi, definiti 'aggregati di loculi', sono costituiti da una serie di sei loculi articolati su due piani, tre sopra e tre sotto, e disposti in sequenza. Gli aggregati sono separati tra loro da spazi distributivi definiti 'corridoi funerari'. L'identificazione e la codificazione di questi elementi non è chiaramente definita in letteratura pertanto si è resa necessaria l'introduzione delle relative definizioni all'interno del modello informatico (figura 4).

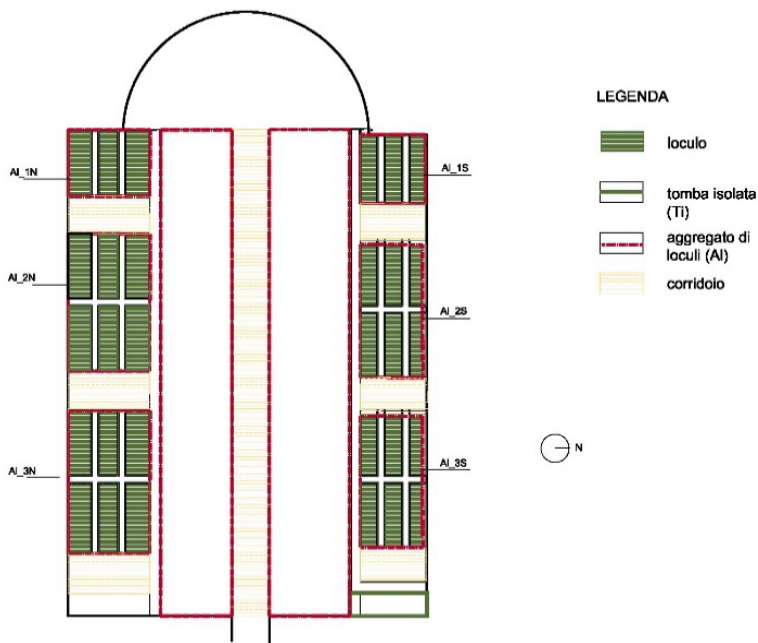


Figura 4. Pianta schematica dell'Oratorio di S. Saba, studio preliminare all'identificazione delle componenti spaziali

L'indagine dell'organismo architettonico prosegue poi con l'approfondimento degli aspetti costruttivi. Anche in questo caso la strutturazione del modello ha seguito un criterio gerarchico articolato in superclassi, quali 'unità', 'componenti', 'elementi' e 'materiali'. legate tra loro da relazioni espresse mediante le proprietà: "è parte di", "è composto da".

Nell'ambito della categoria 'unità costruttiva' sono state collocate le classi 'struttura in elevato', 'copertura', 'orizzontamento di base', 'orizzontamento intermedio' declinate nelle diverse configurazioni necessarie alla descrizione dell'oratorio. Pertanto tra le strutture in elevato sono state collocate le classi: 'muri d'ambito' 'muri interni' e 'pilastri'; la classe 'muri d'ambito' è stata a sua volta articolata in: 'terminazione', 'muro laterale sud', 'muro laterale nord', 'facciata' (Figura 5).

Le 'unità costruttive' sono ulteriormente descritte attraverso le componenti costruttive con le quali sono legate, come si è detto, dalla proprietà «è composto da». A titolo di esempio, le componenti costruttive attribuite ad un muro d'ambito possono essere: 'componente di elevazione' (articolata in sottoclassi come: muro, tamponatura ecc.), 'componente di comunicazione' (articolata in sottoclassi come: vuoto, porta ecc.), 'componente dell'ordine architettonico' (sottoclassi: base, colonna, capitello ecc.), 'componente di consolidamento' (sottoclassi: baggiolo, cerchiatura ecc.).

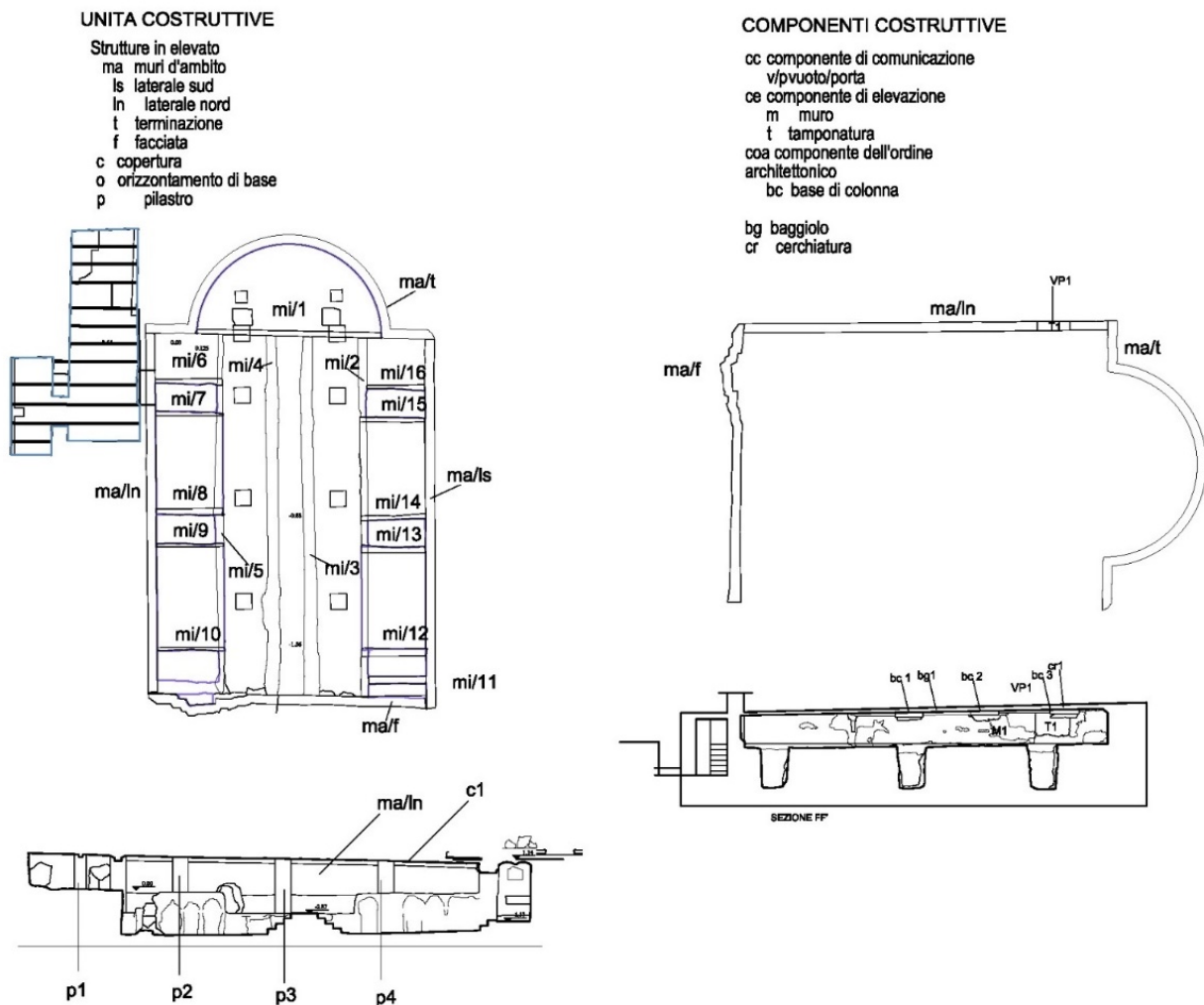


Figura 5. Pianta e sezioni schematiche dell'Oratorio di S. Saba, studio preliminare all'identificazione delle unità e componenti costruttive (elab. su base grafica di S. Cutarelli)

L'approfondimento ulteriore della descrizione dell'apparato costruttivo richiede l'impiego di un'ulteriore sotto-classificazione articolata in 'elementi costruttivi' che possono presentarsi semplici o complessi, i primi non scomponibili in ulteriori unità se non per quanto riguarda la composizione del materiale (es. 'tegola'), i secondi costituiti invece da più elementi (es. apparecchio murario).

In particolare, il modello per la rappresentazione di alcuni aspetti costruttivi ha dovuto tener conto del fatto che la stratificazione storica delle architetture antiche rende necessaria la capacità di descrivere la compresenza di tecniche costruttive differenti, anche nell'ambito di una stessa unità costruttiva (ad es. un muro d'ambito). La descrizione della tipologia muraria non può pertanto considerarsi una semplice specificazione delle caratteristiche del muro ma richiede una classificazione a sé, seppur legata intrinsecamente all'elemento architettonico di cui è parte. Il muro d'ambito nord dell'Oratorio di S. Saba presenta infatti diverse tipologie murarie che sono espresse non come specificazione costruttiva del muro in generale ma rispetto alle singole porzioni che esse caratterizzano. Queste sono specificate all'interno della classe 'apparecchio murario'. A titolo di esempio, la componente costruttiva 'muro', 'parte del' 'muro d'ambito laterale nord', è costituita da diverse porzioni identificate come 'apparecchi murari', caratterizzati da una specifica tipologia muraria (Figura 6). Alcune di queste porzioni sono rivestite con intonaco, altre rimangono a vista, dunque, sono state introdotte le sottoclassi: 'apparecchio murario rivestito' e 'apparecchio murario a vista' (confrontando tale impostazione alla lettura stratigrafica muraria tradizionale, gli apparecchi murari sono da intendersi come unità stratigrafiche murarie).

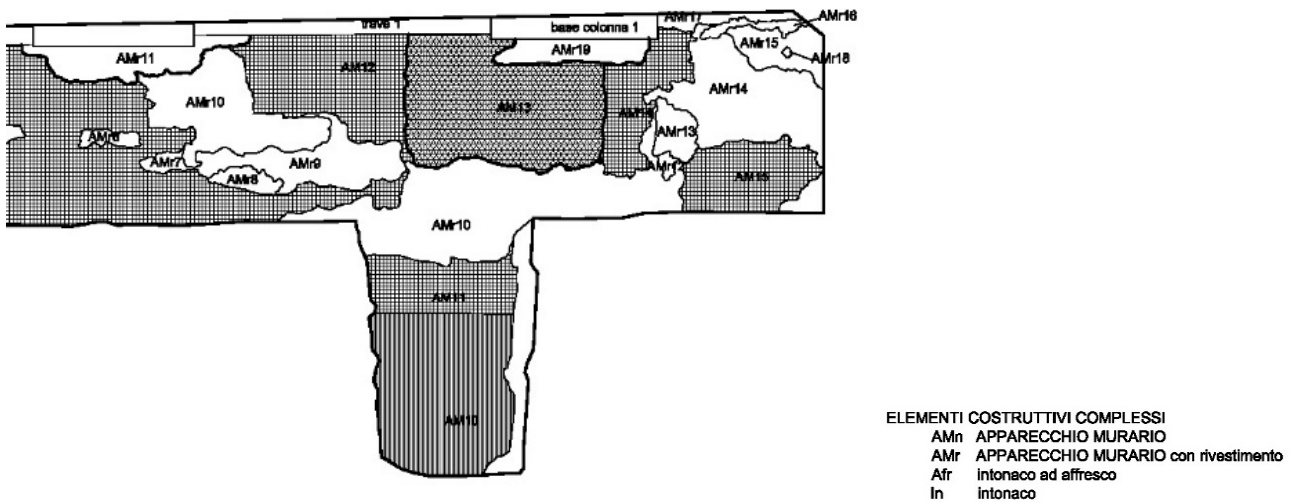


Figura 6. Stralcio del prospetto interno nord dell'Oratorio di S. Saba, identificazione degli apparecchi murari sulla base della lettura stratigrafica delle murature. Le aree in bianco indicano gli apparecchi murari con rivestimento, i retini si riferiscono alle diverse tipologie murarie rilevate (elab. su base grafica di S. Cutarelli)

La formalizzazione di altri particolari costruttivi con caratteristiche meno diffuse e lessici di riferimento meno condivisi, come ad esempio i loculi presenti all'interno degli aggregati sopra descritti, è avvenuta, come per la descrizione degli spazi, sulla base di uno studio preliminare delle caratteristiche da modellizzare (Figura 7).

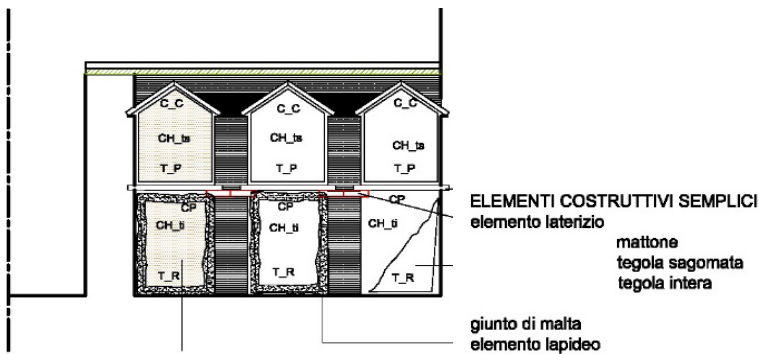


Figura 7. Sezione trasversale di un aggregato di loculi dell'Oratorio di S. Saba. Studio preliminare all'identificazione degli elementi costruttivi

Nel caso specifico, il loculo è costituito da due muri perimetrali posti longitudinalmente che ne definiscono la larghezza, interrotti da un interpiano realizzato in tegole intere che poggiano su due file laterali di mattoni posti a sbalzo nei muri. La copertura è costituita da due tegole inclinate e la chiusura frontale dei loculi è realizzata mediante una tegola che, a seconda dei casi, può presentarsi intera o sagomata (Caperna, Cutarelli, *supra*). Queste tegole di chiusura sono generalmente marchiate con bolli che ne identificano la provenienza e in alcuni casi presentano iscrizioni latine e greche relative al defunto. Tutti gli elementi rilevati e analizzati sono stati organizzati all'interno della struttura del modello. La classe 'elemento laterizio' (sottoclasse di 'elementi costruttivi semplici'), è stata, di conseguenza, articolata in ulteriori sottoclassi quali 'mattone', 'tegola sagomata', 'tegola intera'. Parallelamente, all'interno della classe relativa agli elementi costruttivi complessi sono state inserite le sottoclassi: 'bollo laterizio' ed 'elemento visivo', quest'ultima ulteriormente declinata in 'iscrizione latina', 'iscrizione greca'.

Il dominio appena delineato, denominato 'artefatto', dedicato all'edificio, contiene al suo interno tutti gli elementi per rappresentarne la consistenza fisica. Con riferimento alle fasi tradizionalmente considerate nell'ambito del processo di studio finalizzato al restauro, questa parte di Ontologia, può intendersi come

modello di riferimento concettuale per la rappresentazione geometrica e architettonica della fabbrica. Per quanto riguarda la rappresentazione dei restanti ambiti dello studio, questa avviene tramite gli altri domini definiti nell'Ontologia ('attori', 'processo di studio', 'ciclo di vita 1', 'ciclo di vita 2', di cui si dirà più avanti) cui l'"artefatto" si riferisce attraverso diverse proprietà che esprimono il contenuto della relazione (Figura 8). Tali proprietà riguardano, il collegamento sia alla storiografia e ai suoi autori, sia ai processi di trasformazione, siano essi passati - legati alla stratificazione storica - o futuri - relativi alle azioni di restauro, manutenzione e gestione. Ad esempio, la relazione tra un determinato elemento della costruzione ed una particolare indagine è espressa dalla proprietà «è indagato da», la specificazione di un evento che ha condotto ad una determinata configurazione della fabbrica si esprime con la proprietà «risulta da», oppure la precisazione dell'autore di un determinato studio, relativo alla fabbrica, è formalizzata con la proprietà «è studiato da».

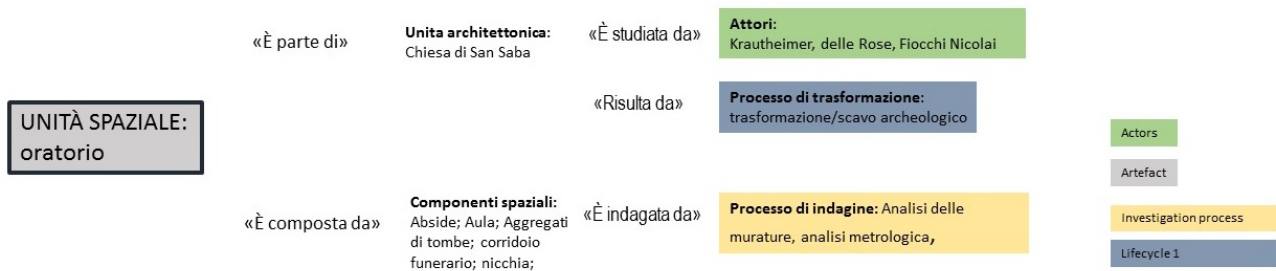


Figura 8. Sintesi schematica delle principali relazioni intercorrenti tra i diversi domini modellati

2.2 Gli attori

Il dominio 'attori' fa riferimento a tutti i soggetti che, a diverso titolo, sono intervenuti o è previsto che intervengano nel ' ciclo di vita' dell'edificio, sia rispetto alle sue trasformazione sia rispetto al processo di studio, restauro e gestione.

Le figure definite a questo stadio sono relative alle professionalità fin qui intervenute e possono distinguersi in due classi 'studiosi', intesi come autori di studi oggetto di pubblicazione, tra cui: 'architetto specialista in restauro', 'ingegnere della conoscenza', 'ingegnere strutturista', 'storico dell'arte', 'storico dell'architettura', ed 'esperti del dominio', coinvolti nel processo di studio finalizzato al restauro oggetto della modellizzazione, tra cui: 'architetto specialista in restauro', 'biologo', 'chimico', 'fisico'. Tale dominio è necessariamente legato a tutti gli altri ambiti definiti nel modello.

2.3 Il processo d'indagine per il costruito storico

L'intero processo necessario alla comprensione architettonica si sviluppa a partire dall'oggetto identificato come 'Artefatto'. Le diverse indagini si riferiscono ad esso tramite la relazione «applicato a» e sono tutte identificate con la classe 'Attività di processo per il costruito storico'. Le attività di studio sono state suddivise in due sottoclassi: 'Attività di analisi dirette' e 'Attività di analisi indirette'. Le prime rappresentano quegli studi, svolti direttamente sull'edificio (rilievo, analisi delle murature, indagini diagnostiche ecc.), le seconde costituiscono invece quel corpo di attività svolte lontano dall'edificio o comunque a partire dal suo rilievo (indagine bibliografica e d'archivio, analisi dell'impianto e della metrologia, studio delle murature ecc.).

La rappresentazione delle singole attività d'indagine si articola su due piani principali: uno di natura descrittiva, l'altro orientato alla enunciazione dei risultati raggiunti. Per quanto riguarda il primo, questo esplicita oltre alla definizione in sé dell'indagine, anche le risorse necessarie per realizzarla. Tali risorse sono collocabili in quattro classi: attori, strumenti, metodi e riferimenti concettuali esterni. Gli attori sono gli specialisti che svolgono direttamente l'indagine (architetto, ingegnere, fisico, chimico, biologo, archeologo ecc.); gli strumenti (*tools*) identificano i mezzi grazie ai quali si svolgono le singole operazioni (macchina

fotografica, microscopio..); i metodi (*methods*) descrivono le modalità impiegate per lo svolgimento (misura, confronto, analisi statistica..), infine i riferimenti concettuali esterni (*reference information object*) rappresentano il corredo di strumenti teorici necessari alle analisi (es. unità di misura antiche, ...).

La rappresentazione dei risultati prodotti (*output*) dalle indagini ha richiesto una modellazione più complessa che riuscisse a render conto della specificità dei contenuti coinvolti. Si è introdotta la differenza tra risultati che forniscono ‘informazioni’ e risultati che forniscono ‘attribuzioni’. Nella prima categoria si comprendono quei dati ottenuti mediante un processo analitico definiti ‘*information object*’, nella seconda si collocano le dichiarazioni espresse sulla base di un’elaborazione critica, quali le attribuzioni ad autori o a periodi storici (*attribute assignment*) o le identificazioni (*appellation assignment*). Tali categorie sono state importate dal Cidoc.

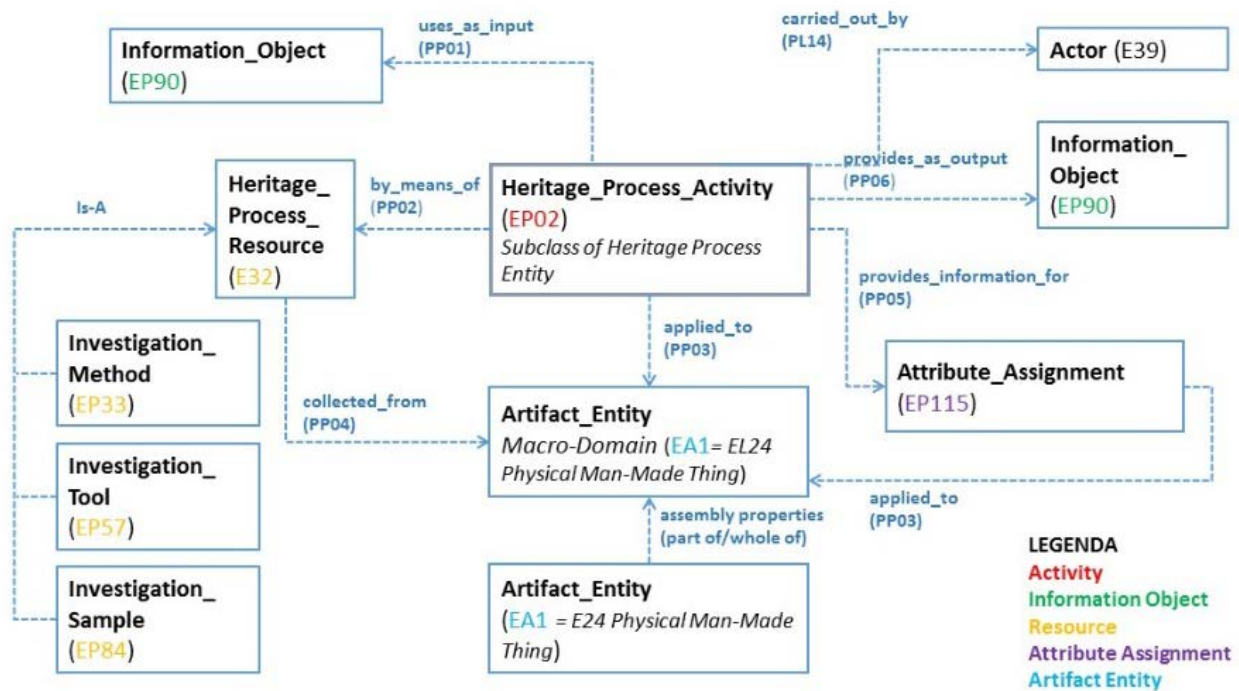


Figura 9. Schema di rappresentazione di un'indagine tipo

Per rappresentare le singole indagini, sia dirette, sia indirette, si è potuto mettere a punto uno schema (*template*) che è risultato valido per la maggioranza di esse a meno di singole specificità che sono state risolte di volta in volta (Figure 9 e 10).

Sul piano metodologico ogni tipologia d’indagine viene descritta nei suoi significati, proprietà e regole. Le singole indagini sono identificate specificamente come istanze nella scheda precedentemente illustrata (Figura 1) e impiegata anche per gli altri domini. I nomi identificativi delle istanze si servono generalmente di suffissi che richiamano la posizione nell’edificio.

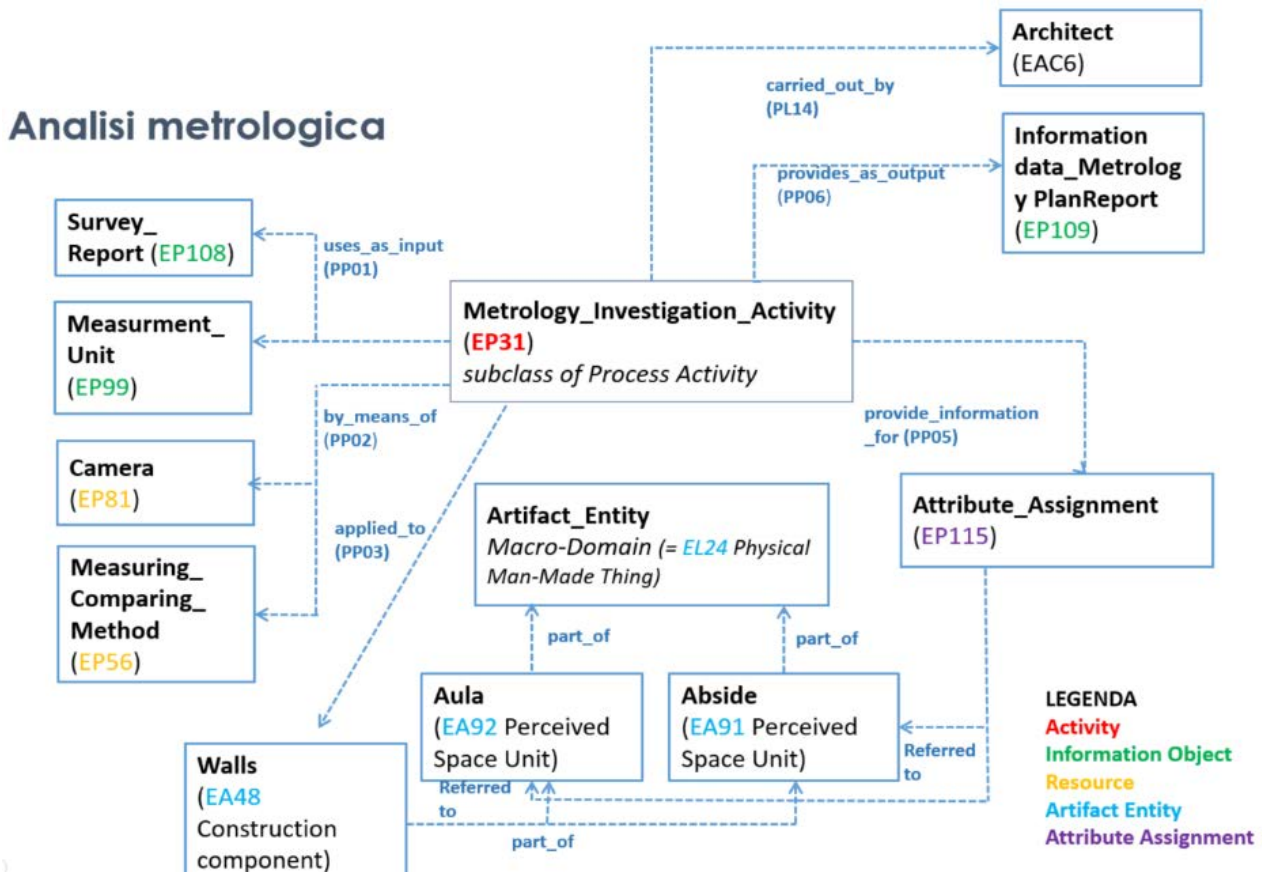


Figura 10. Schema di rappresentazione dell'indagine metrologica

L'unico studio che non si è ritenuto di rappresentare mediante tale schema è l'indagine bibliografica e archivistica. La modellazione di tale indagine riflette, all'interno dell'Ontologia, l'elaborazione tradizionale. Accanto alla preliminare valutazione dell'attendibilità dell'apporto scientifico, sarà esplicitata l'identificazione delle fonti e il tipo di conoscenza che il contributo bibliografico è in grado di fornire se documentaria o critica. Sulla base di queste considerazioni verrà stimata la specifica pertinenza all'oggetto, ossia se il contributo sia da riferirsi a tutto l'organismo architettonico così come si presenta oggi o a singole parti di esso. Infine la qualificazione del tipo di indagine condotta consente eventualmente di considerarne i risultati in relazione alle analisi in corso.

Le singole pubblicazioni sono definite come documento (*document*), elaborato (*carried out*) da un autore (*person*) e frutto di un'attività di studio (*investigation activity*).

Lo stato degli studi relativo all'unità spaziale è prevalentemente messo in relazione con l'organismo tramite il dominio 'attori' il quale raccoglie gli studiosi che a diverso titolo si sono occupati dell'argomento. La relazione è espressa dalla proprietà: «È studiato da» o «È documentato da». Nel primo caso si rimanda al contributo storico-critico della pubblicazione; nel secondo ci si riferisce invece a fonti certe quali eventuali documenti pubblicati nel contributo citato, epigrafi, bolli di fabbricazione dei laterizi e quant'altro non sia contenuto in una pubblicazione ma costituisca un elemento datante. Questa seconda proprietà di fatto eleva l'istanza a cui è riferita a caposaldo della cronologia dell'edificio oggetto di studio. Il rimando alla pubblicazione è sempre riferito prima al suo autore cui viene poi collegata la pubblicazione e l'eventuale attività di ricerca (es. un'analisi rivelatasi particolarmente utile o in stretta relazione con le indagini correnti).

Oltre che mediante il dominio degli 'attori' (nello specifico mediante la classe 'studiosi'), il collegamento tra lo stato degli studi e l'edificio in oggetto può rappresentarsi anche mediante la proprietà «È datato da» («*is dated by*»). Tale proprietà comparirà solo nel momento in cui sia stata espressa una datazione mediante una 'proprietà dato', ma non sia stato segnalato il riferimento ad una fonte certa mediante la proprietà «*documented*

by». In tal caso essa sarà collegata all'entità 'Datazione', definita, 'assegnazione di attributo' (*attribute assignment*).

A titolo esemplificativo, si riportano quattro casi possibili (tra virgolette basse sono indicate le proprietà, tra apici le classi di appartenenza delle entità):

Caso 1

'organismo architettonico' «è documentato in» 'documento d'archivio' «citato da» 'studioso' «autore di» 'pubblicazione'

Caso 2

'trasformazione dell'organismo architettonico' «è studiata da» 'studioso' «autore di» 'pubblicazione'

Caso 3

'trasformazione dell'organismo architettonico' «è studiata da» 'studioso' «autore di» 'indagine muraria' «pubblicata in» 'pubblicazione'

Caso 4

'organismo architettonico' (con proprietà dato: datazione) «è datato da» 'datazione' (*attribute assignment*) «risulta da» 'interpretazione della datazione' (attività di interpretazione) «risulta da» 'attività di indagine' «svolta da» 'studioso'.

Le proprietà formalizzate per tutto il dominio 'Processo di indagine per il patrimonio storico' sono identificate con un acronimo seguito da un suffisso numerico e sono le seguenti (tra virgolette basse le proprietà tra parentesi le classi messe in relazione):

PP01 «usa come input» (Heritage Process Activity > Reference Concept)

PP02 «per mezzo di» (Heritage process activity > Heritage process resource)

PP03 «applicato a» (Heritage process activity > Artefact_entity or Lifecycle entity)

PP04 «fornisce informazioni per» (Heritage Process Activity > Heritage Process Activity) (serve a connettere più attività del processo di indagine permettendo così di rappresentarne la coerenza)

PP05 «campionato da» (Sample > Artefact_entity)

PP06 «fornisce come output» (Analisis Process Activity > Reference Concept)

PP07 «citato da» (Actor > Scholar)

PP08 «è investigato da» (Artefact > Heritage Process Activity)

PP09 (dato) «generato da» (Reference Information Object > Tool)

PP10 «usa come output» (Reference Concept > Heritage Process Activity)

PP11 «posizionato su» (Tool > Artefact_entity)

PP12 «è studiato da» (Artefact > Actor)

Le definizioni di tali classi e proprietà consentono di strutturare un modello che consente di rappresentare in modo completo lo stato dell'arte: gli studi svolti ma anche le ipotesi proposte dalle varie interpretazioni, esprimendo in modo chiaro la base di conoscenza dell'oggetto.

2.4 Processo di trasformazione del costruito storico ('Lifecycle I')

Il dominio relativo al ciclo di vita dell'organismo architettonico raccoglie le attività che hanno in modo più o meno invasivo provocato dei cambiamenti sull'edificio, che ne hanno condizionato la configurazione architettonica, l'uso, o talvolta, l'identità stessa (Figura 11). Le principali attività identificate sono: la costruzione, la trasformazione e la modificazione.

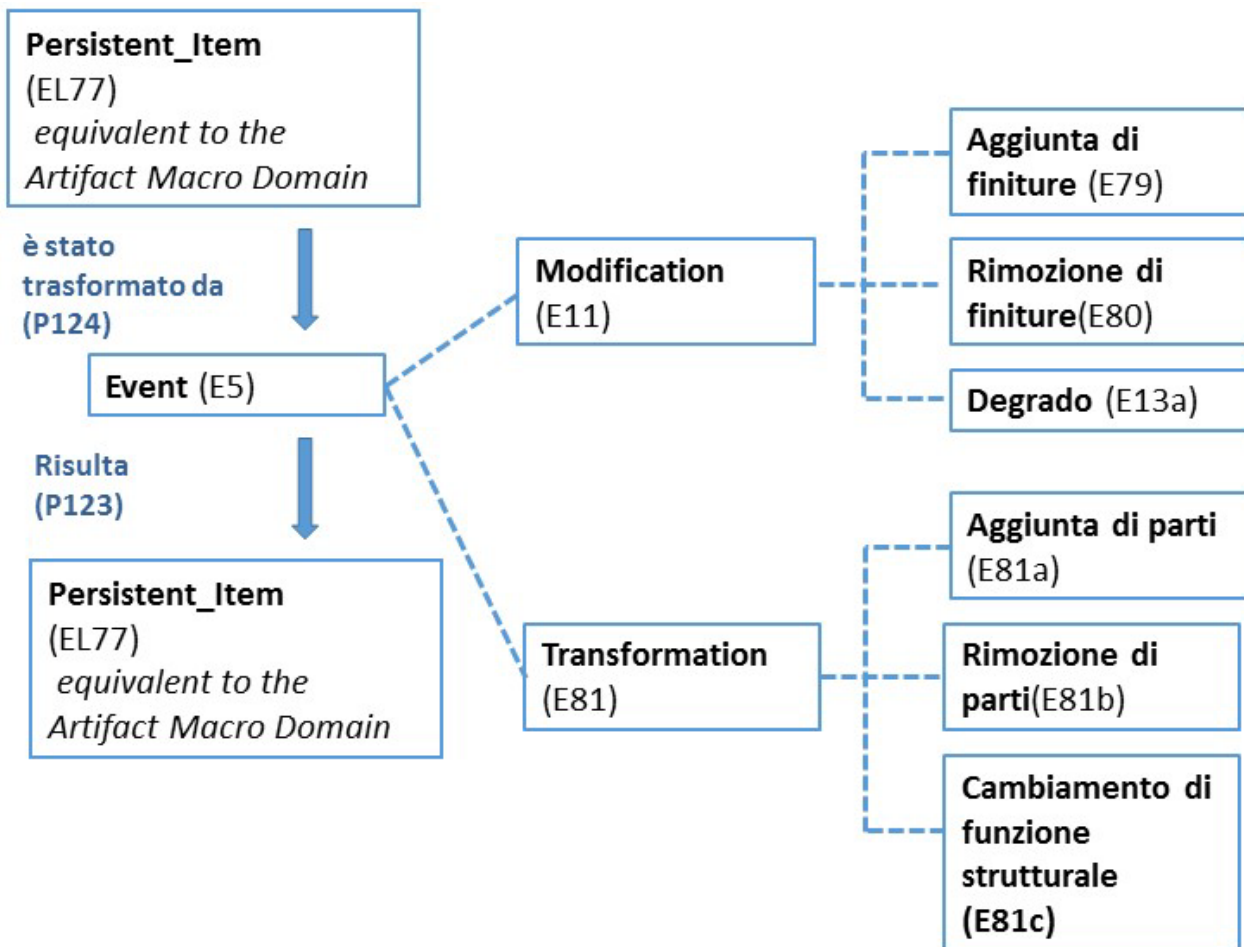


Figura 11. Sintesi schematica delle classi modellate all'interno del dominio 'Ciclo di vita 1'

La prima si riferisce alla realizzazione primigenia dell'edificio o di parte di esso, la seconda a fasi costruttive intermedie che possono aver cambiato in tutto o in parte l'identità dell'edificio, la terza invece ad interventi che non hanno inciso sull'identità architettonica, come l'applicazione o la rimozione di rivestimenti e l'introduzione di tramezzi. Sebbene tali classi siano state mutate dal Cidoc, esse sono state integrate con nuove sottoclassi. Nell'ambito delle 'modificazioni' è stato inserito il degrado superficiale e, tra le trasformazioni, i cambiamenti di funzione strutturale. Tale scelta non implica solo una conseguenza formale all'interno del lessico di riferimento, bensì intende radicare, all'interno di uno stesso dominio di conoscenza, due aspetti quali la stratificazione delle costruzioni e la manifestazione del degrado sostanzialmente legati tra loro e alle caratteristiche dell'edificio ma tradizionalmente considerati in modo disgiunto (Figura 12).

La relazione che lega il dominio cui appartengono le vicende costruttive dell'edificio all'organismo architettonico o a parti di esso è espressa principalmente dalla proprietà «risulta da» in cui si esprime quale evento abbia innescato la realizzazione dell'edificio o le sue trasformazioni. Si tratta generalmente di attività documentate o desunte dagli studi, pregressi o correnti, pertanto necessariamente legate al dominio del 'Processo di studio per il costruito storico'. Le proprietà che legano tra loro i due domini sono: «è argomentata da» o «è documentata da». La prima rimanda ad una interpretazione critica, frutto di un'indagine, la seconda ad un documento.

CODE	CLASS NAME							LEGENDA	
E1	Trasformation process entities							mutuate dal CIDOC (En)	
E2	-	-	-	-	-	-	-	di nuova formalizzazione (It)	
E5	-	-	-	-	Event				
E7	-	-	-	-	Activity				
E11	-	-	-	-	-	Modification			
E79	-	-	-	-	-	-	Aggiunta finiture		
E80	-	-	-	-	-	-	Rimozione finiture		
E13a	-	-	-	-	-	-	Degrado	strutturale	
E13a1									lesioni
E13a2									a "V" con lembi complanari
E13a3									a "V" con lembi su piani diversi
E13a4									a distacco costante con lembi complanari
E13a5									a distacco costante con lembi su piani diversi
E13a6									con assetto a trapezio con lembi complanari
E13a7									con assetto a trapezio con lembi su piani diversi
E13a8									orizzontale con assetto a "V"
E13a9									lesioni risarcite
E13a10									deformazioni
E13a11									fuori piombo
E13a12									spanciamento
E13a13									rigonfiamento
E13a14									rotazione
E13a15									crolli
E13a16									parziale
E13a17									totale
E13a18									perdita di materiale
E13a19									espulsione
E13a20									mancanza
E13b									superficiale
E63	-	-	-	-	-	-	Beginning of Existence		
E67	-	-	-	-	-	-	Birth		
E81	-	-	-	-	-	-	Transformation		
E81a							Aggiunta di parti		
E81b							Rimozione di parti		
							Cambiamento di funzione strutturale		
E64	-	-	-	-	-	-	End of Existence		
E6	-	-	-	-	-	-	Destruction		
E68	-	-	-	-	-	-	Dissolution		
E81	-	-	-	-	-	-	Transformation		
E77	-	-	-	-	-	-	Persistent Item		
E18	-	-	-	-	-	-	Physical Thing		
E19	-	-	-	-	-	-	Physical Object		
E24	-	-	-	-	-	-	Physical Man-Made Thing – FA1		

Figura 12. Visualizzazione della tassonomia relativa al dominio 'lifecycle 1'

Nel dettaglio, le proprietà messe a punto per tale dominio sono le seguenti (tra virgolette basse sono indicate le proprietà, tra apici le classi di appartenenza delle entità):

PL123 risulta da (Trasformazione -> Organismo architettonico)

PL31 ha modificato (Modificazione -> Organismo architettonico)

PL108 ha prodotto (Costruzione -> Organismo architettonico)

PL124 ha trasformato (Trasformazione -> Organismo architettonico)

PL14 argomentata da (Entità del ciclo di vita (attività) / Attività di Indagine -> Attore)

PL70 documentata da (Entità del Ciclo di vita (attività) / Attività di indagine / Organismo architettonico>Documento)

PL165 presenta artefice (Entità del ciclo di vita (attività) -> Attore)

A titolo di esempio si illustra la formalizzazione dell'ipotesi restituttiva (Figura 13) delle prime fasi costruttive dell'Oratorio (Caperna Cutarelli *supra*). La strutturazione del modello richiede l'interazione dei diversi domini coinvolti: 'artefatto', 'processo di studio', 'attori', 'lifecycle1' (Figura 14).

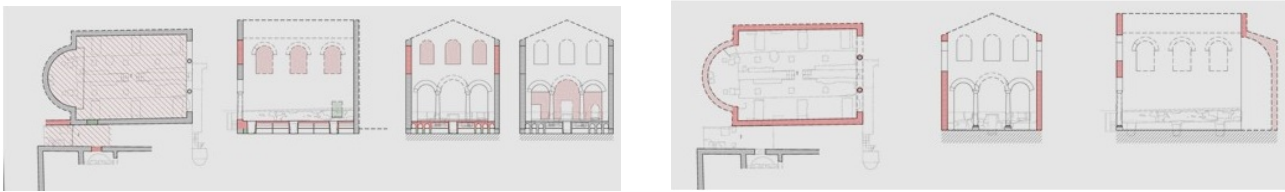


Figura 13. Restituzione delle fasi costruttive dell'Oratorio di S. Saba. In rosso le parti aggiunte nell'intervallo di tempo indicato (elab. grafica di S. Cutarelli)

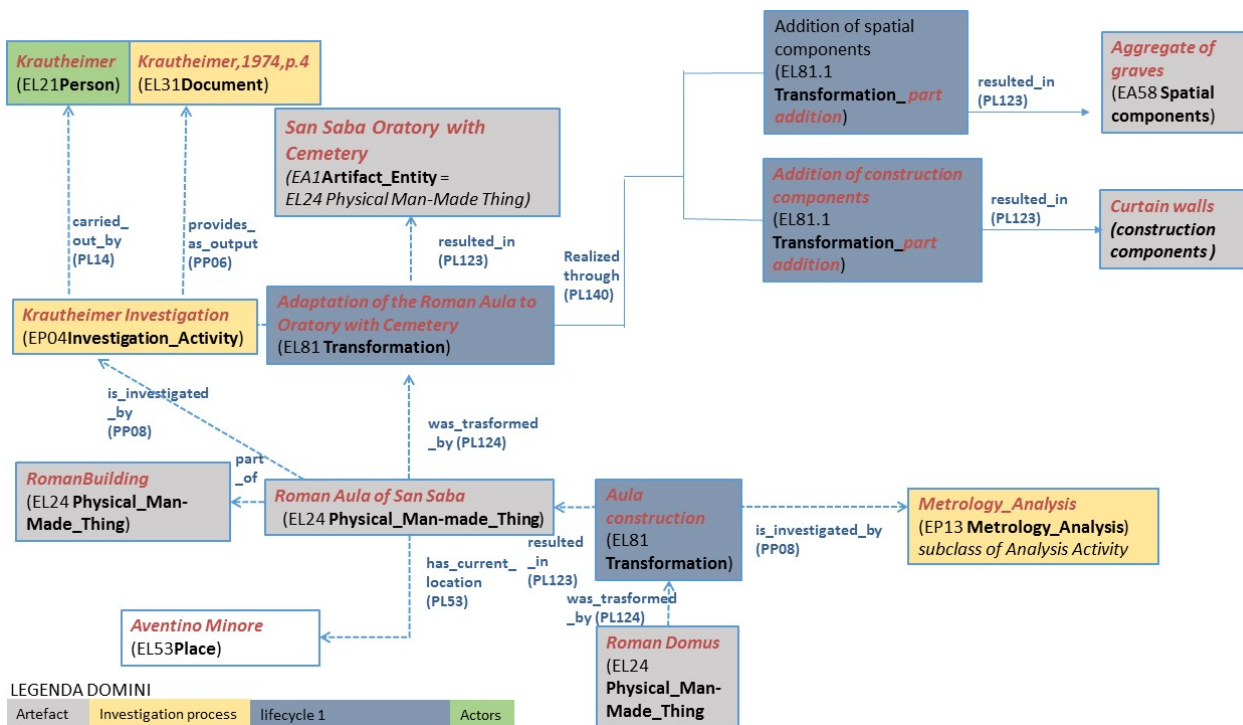


Figura 14. Schema del modello di rappresentazione della restituzione delle prime fasi costruttive dell'Oratorio di S. Saba.

2.5 Processi progettuali e gestionali: il 'Ciclo di vita_2'

Le attività legate al restauro, alla manutenzione e alla gestione dell'architettura storica sono state descritte all'interno dello stesso dominio, mutuando le categorie già introdotte dal Cidoc, rispetto alle trasformazioni, ma collocandole nell'ambito della classe 'eventi correnti'. Tale classe è stata poi articolata in 'attività di restauro', 'attività di conservazione programmata' e 'attività di gestione'. Nell'ambito delle attività di restauro sono state poi declinate tre forme di intervento a seconda dell'impatto risultante sull'edificio. La prima che comprende azioni riferibili alla classe 'modifiche', la quale, come nel precedente dominio, non comporta cambiamenti rilevanti e concerne gli interventi di conservazione delle superfici. La seconda riferita invece ad aggiunte, rimozioni o interventi di consolidamento strutturale, la terza relativa alle demolizioni (Figura 5).

CODE	CLASS NAME								LEGENDA		
E100	Current events								mutuate dal CIDOC (En)		
E101	-	-	-	Event					di nuova formalizzazione (It)		
E102	-	-	-	-	Activity						
E103						Restoration					
E104	-	-	-	-	-	Modification					
E105	-	-	-	-	-	-	Finishing Part Addition				
E106							Preconsolidation				
E107							Consolidation				
E108							Protection				
E109	-	-	-	-	-	-	Finishing Part Removal				
E110							Cleaning				
E111	-	-	-	-	-		Beginning of Existence				
E112	-	-	-	-	-	-	Birth				
E113							New creation				
E114	-	-	-	-	-	-	Transformation				
E115							Part Addition				
E116							Part Removal				
E117	-	-	-	-	-		End of Existence				
E118	-	-	-	-	-	-	Destruction				
E119	-	-	-	-	-	-	Dissolution				
E120	-	-	-	-	-	-	Transformation				
E121						Programmed conservation					
E122						Controllo del microclima					
							controllo temperatura				
							controllo umidità				
E123						Management					
E124						Controllo dei flussi					

Figura 15. Visualizzazione della tassonomia relativa al dominio 'lifecycle 2'

Nell'ambito della conservazione programmata, allo stato attuale della ricerca, è stata inserita solo l'attività di controllo del microclima (si rimanda a Acierno, Bartolini, Cacace *infra*).

Infine, la formalizzazione di un'attività di processo di gestione è stata verificata rispetto al controllo dei flussi di accesso, elaborato sulla base dei dati offerti dall'indagine microclimatica. Questi sono stati divisi in due categorie, da un lato i dati intesi come '*information object*' dall'altro le conclusioni critiche ('*attribute assignment*'). Sulla base della capacità inferenziale dell'Ontologia è possibile impostare come dati di *input* gli intervalli ammissibili di temperatura e umidità relativa, ai fini della conservazione del sito, e stabilire rispetto a questi il numero consentito di visitatori in un'ora. Ai fini della gestione, tuttavia, il controllo di questi parametri è strettamente legato ad altri aspetti quali, il funzionamento di presumibili impianti di condizionamento dell'aria o di illuminazione, l'eventualità di interventi di restauro che possano cambiare le condizioni al contorno o introdurre materiali condizionanti, pertanto la costruzione del modello tiene conto di tali fattori introducendo la categoria 'condizioni al contorno' che potranno essere definite stabili o instabili sulla base di un accertamento periodico legato alle attività di manutenzione.

In generale l'intero dominio può ricondursi ad uno schema generale il cui nodo principale è costituito dall'azione di progetto maturata in base ai risultati ottenuti dalle indagini - rappresentate nel dominio relativo al processo di studio - e risultante in una 'azione sull'edificio' o nella produzione di 'informazioni' (figura 16)

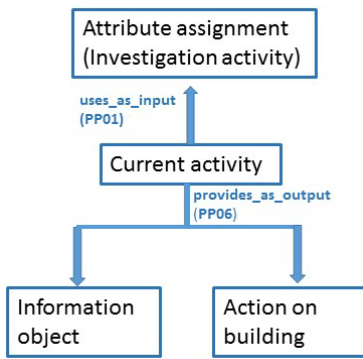


Figura 16. Sintesi schematica delle classi modellate all'interno del dominio 'Ciclo di vita 2'

3. L'interazione tra l'ambiente BIM e le Ontologie

La modellazione su base ontologica appare piuttosto esaustiva rispetto alle esigenze di rappresentazione del restauro, tuttavia la rappresentazione contestuale con l'ambiente BIM consente di verificarne la coerenza rispetto alla rappresentazione geometrica, facilitarne la visualizzazione ed estendere la possibilità di interazione ad un'utenza più ampia e tradizionalmente coinvolta nei processi di intervento di restauro e gestione dell'architettura. A tal fine, l'Ontologia proposta è stata progettata come elemento d'integrazione alla rappresentazione in ambiente BIM, considerando che l'affiancamento dei due sistemi possa fornire un incremento notevole delle potenzialità di controllo dell'intero processo di restauro.

Sul piano tecnico la cooperazione dei due ambienti ha richiesto la messa a punto di un programma ponte che consentisse la comunicazione tra i due database prodotti dall'ontologia e dal BIM. Il prototipo sviluppato permette di sincronizzare le istanze dell'artefatto, formalizzate all'interno dell'ambiente dell'Ontologia, con i rispettivi oggetti modellati in un ambiente BIM. Il software confronta e aggiorna i *database* su cui sono basati i due programmi (Acierno et al. in corso di pubblicazione). Attraverso un file di *mapping* è possibile associare le istanze definite nell'Ontologia (tramite il programma 'Protégé') con quelle utilizzati in ambiente BIM tipo 'Revit', in modo che nei due versi sia possibile il passaggio da un ambiente all'altro senza perdere la specificità delle due rappresentazioni. Sarà dunque possibile, muovendo dalla rappresentazione geometrica fornita in BIM, l'interrogazione delle informazioni relative ai singoli elementi fornite dal modello 'Ontologico' e viceversa. Affinché tale processo avvenga in modo efficace, è necessario, tuttavia, che tanto la strutturazione dell'Ontologia quanto la modellazione in BIM siano coerenti e coordinate in modo che la lettura integrata sia agevole. A titolo di esempio, nella modellazione in 'Revit' i muri sono stati strutturati servendosi degli 'elementi costruttivi' (semplici e complessi) identificati nell'Ontologia. Pertanto la 'famiglia' 'muro' è articolata secondo i 'tipi': 'apparecchio murario', 'base di colonna', 'tamponatura', 'baggiolo' i quali verranno poi esaurientemente descritti dal modello in Protégé (Figura 17).

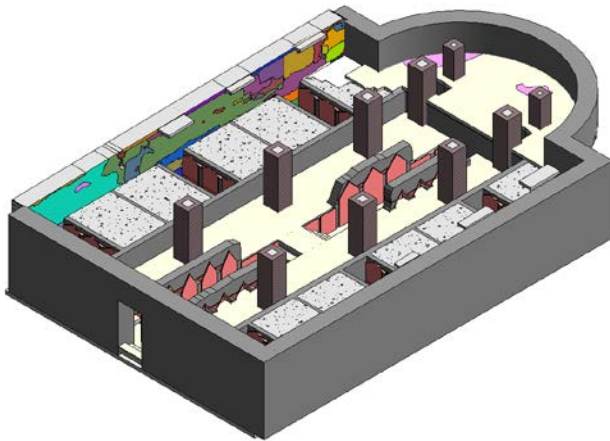


Figura 17. Modello realizzato in Revit dell'oratorio di S. Saba

L'integrazione dei due sistemi sembra condurre ad una più approfondita comprensione dell'edificio. Infatti, mentre l'Ontologia garantisce una rappresentazione appropriata dell'identità architettonica dell'edificio e delle sue componenti ancorandone la descrizione ad una rete logica di concetti interrelati tra loro e che concorrono alla conoscenza dell'elemento stesso, il BIM ancora l'elemento alla logica costruttiva riportando l'attenzione all'organismo architettonico. Si esclude pertanto il rischio di discretizzare troppo lo studio, perdendo di vista il nesso essenziale con l'architettura cui è rivolto. Considerando, ad esempio, nell'Oratorio di S. Saba, la base di colonna parzialmente inglobata nella costruzione del solaio, sovrapposto al muro nord, si rende opportuna la comprensione dei due livelli semantici dati dalla duplice natura dell'elemento in se (Figura 18).



Figura 18. Oratorio di San Saba, vista del muro settentrionale e particolare della base di colonna parzialmente inglobata nel solaio

Quale elemento dell'ordine architettonico, la base può essere esaustivamente descritta nell'Ontologia (sia rispetto alle sue caratteristiche sia rispetto al rapporto con il contesto storico originario), quale elemento costruttivo del muro e del solaio, la rappresentazione su un modello geometrico può rivelarsi utile perché immediatamente esplicativo del ruolo all'interno della costruzione in quanto parte della sezione resistente.

Un altro aspetto interessante riferibile all'impiego integrato dei sistemi Ontologia e BIM, si riscontra rispetto alla rappresentazione delle murature antiche. Queste sono generalmente caratterizzate da una complessa stratificazione. Tale stratificazione è di solito un importante elemento di analisi perché restituisce la lettura delle trasformazioni subite dall'edificio. Per un efficace studio, essa richiede una fase legata alla rappresentazione geometrica e un'altra legata all'identificazione delle parti omogenee, delle loro specifiche tecniche costruttive e delle relazioni di posizione tra loro intercorrenti. Tale fase di studio analitico viene poi completata con un'elaborazione critica, orientata all'interpretazione delle relazioni stratigrafiche. Questa

consente di attribuire, alle porzioni di muro omogenee identificate, una cronologia relativa. Inoltre, integrando i risultati con altre analisi può condurre alla identificazione di una cronologia assoluta. La prima parte del lavoro è efficacemente rappresentata da un modello geometrico mentre la seconda parte richiede un supporto diverso. L'Ontologia, oltre a descrivere adeguatamente le specificità costruttive è in grado di controllarne la lettura e l'interpretazione stratigrafica (Figura 19). La descrizione delle tipologie costruttive avviene mediante la struttura concettuale definita con istanze e proprietà all'interno dei domini descritti, parallelamente l'elaborazione di regole di ragionamento, formalizzate con il linguaggio *swrl* è in grado di attivare un processo inferenziale tale da verificare incoerenze interpretative e controllare la corrispondenza tra cronologia assoluta e relativa (Acierno *et al.* in corso di stampa).

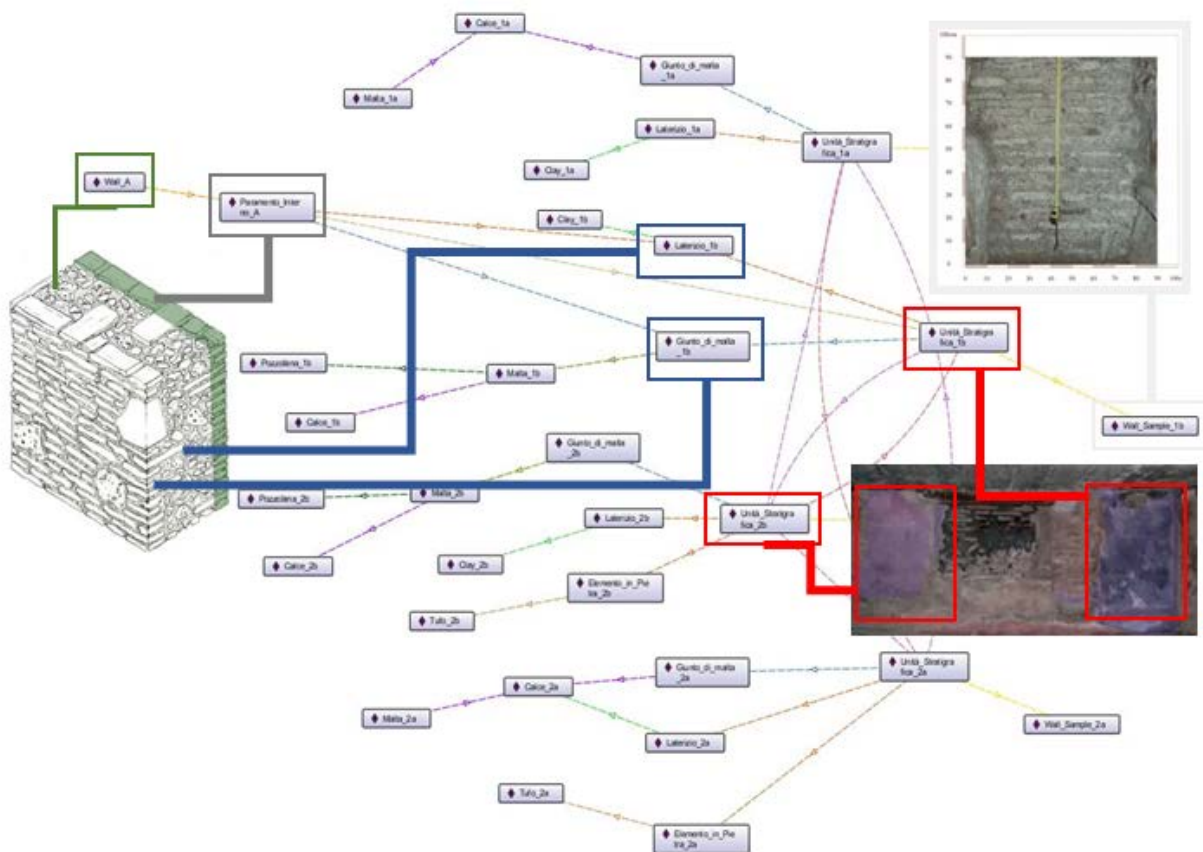


Figura 19. Graficizzazione schematica della modellizzazione di un apparecchio murario tramite ontologie. Il modello è in grado di mettere in relazione tutte le componenti caratterizzanti la muratura e attivare un processo di *reasoning* che verifichi la congruenza di deduzioni e ipotesi (Elaborazione grafica di S. Corsi).

4. Conclusioni

La strada intrapresa dalla ricerca esposta mostra la reale possibilità di definire uno strumento informatico di supporto alle attività rivolte alla conservazione del costruito storico, nel rispetto della disciplina e delle sue specificità. Ciò che appare particolarmente innovativo è l'approccio alla rappresentazione, il quale viene di fatto capovolto: non si parte dalla modellazione dell'oggetto, ma dalla conoscenza necessaria per modellarlo. Tale approccio, riflettendo metodologicamente il procedimento operativo del restauro, mostra un'impostazione in grado di risolvere, almeno per una buona parte, le criticità attribuite agli strumenti informatici fino ad oggi impiegati. Nel modello proposto la formalizzazione viene impostata su categorie concettuali definite a priori dal contesto proprio della critica architettonica e del restauro. In tal modo le potenzialità delle nuove tecnologie, in termini di rigore e capacità di gestione di sistemi complessi di dati, vengono integrate con le

esigenze umanistiche. Inoltre il tentativo di integrare due approcci diversi quali il BIM e le Ontologie informatiche apre alla possibilità di integrare le conquiste raggiunte nell'ambito dell'AEC (*Architecture Engineering Construction*) dall'ambiente BIM, in termini di controllo e gestione del progetto con la possibilità di una rappresentazione appropriata e flessibile fornita dall'Ontologia. Nell'ottica futura l'auspicio è quello di allargare il raggio di applicazione del modello ontologico messo a punto mediante nuove modellizzazioni, in modo da verificarne ulteriormente le caratteristiche ed implementarne le potenzialità.

Bibliografia

- Acierno, Marta, Stefano Cursi, Davide Simeone, Donatella Fiorani. in press. Architectural Heritage Knowledge Modelling: An Ontology-Based Framework for Conservation Process, *Journal of Architectural Heritage*, in press.
- Carrara, Gianfranco. et al., 2014. Conoscere collaborare progettare. Teoria tecniche e applicazioni per la collaborazione in architettura. Roma: Gangemi.
- Ciotti, Fabio, 2014. Tematologia e metodi digitali: dal markup alle ontologie, in Alfonzetti, B. Baldassarri G. e Tomasi F. (ed), *I cantieri dell'italianistica. Ricerca, didattica e organizzazione agli inizi del XXI secolo. Atti del XVII congresso dell'ADI – Associazione degli Italianisti*; Roma 18-21 settembre 2013. Roma: Adi editore.
- Crofts Nick, Doerr, Martin, Gill, Tony, Stead Stephen, Stiff, Matthew. 2010. Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model, ICOM/CIDOC Documentation Standards Group e CIDOC CRM Special Interest Group, January 2010 http://www.cidoc-crm.org/docs/cidoc_crm_version_5.0.2.pdf [9/1/2017].
- Fiorani, Donatella, Acierno, Marta. 2017. Drawing, information and design: tools and perspective for conservation. In Ippolito Alfonso (ed.), *Handbook of Research on Emerging Technologies for Architectural and Archaeological Heritage: 355-386*. Hershey (Pennsylvania): IGI Global.
- Gigliozzi, Giuseppe, Ciotti, Fabio 2003. *Introduzione all'uso del computer negli studi letterari*. Milano: Bruno Mondadori.
- Gruber Tom. 2009. Ontology, in Liu, Ling, Özsu M. Tamer (eds), *Encyclopedia of Database Systems*, Berlin: Springer-Verlag <<http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>> [9.01.2017].
- Mc Carty, Willard, 2005. *Humanities Computing*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Oldman, Dominic. Kurtz, Donna. 2014. The CIDOC Conceptual Reference Model (CIDOC-CRM): PRIMER. http://cidoc-crm.org/docs/CRMPRimer_v1.1.pdf [30.12.2006].
- Orlandi, Tito, 2010. *Informatica testuale: teoria e prassi*. Roma-Bari: Laterza.
- Pauwels, Pieter, Bod, Rens, Di Mascio, Danilo, De Meyer, Ronald. 2013. Integrating building information modelling and semantic web technologies for the management of built heritage information. In Addison, A.C., De Luca L., Guidi G., Pescarin S., *Digital Heritage; Proceedings of the 1st International Congress on Digital Heritage*, Marseille, 28 Oct-1 Nov 2013. Piscataway, NJ: Ieee XploreDigital Library.
- Zevi, Bruno, 1948. *Saper Vedere l'Architettura*. Torino: Einaudi.