

Gestione delle infrastrutture idrauliche civili del servizio idrico integrato tramite standard informativi aperti BIM e GIS: un caso studio italiano

Michele Berlato¹, Carlo Zanchetta² e Francesco Pirotti^{3,4}

¹ DTG – Dipartimento di Tecnica e Gestione dei sistemi Industriali, Università degli Studi di Padova, Italia, michele.berlato@phd.unipd.it

² DICEA – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università degli Studi di Padova, Italia, carlo.zanchetta@unipd.it

³ TESAF – Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, Italia, francesco.pirotti@unipd.it

⁴ CIRGEO – Centro Interdipartimentale di Ricerca di Geomatica, Università degli Studi di Padova, Italia

Abstract. La gestione informativa delle infrastrutture civili relative al servizio idrico integrato è un tema di interesse rilevante, anche in relazione ai recenti adempimenti normativi. Storicamente, in quest'ambito, si è fatto largo utilizzo dei database GIS per la gestione spaziale e territoriale delle infrastrutture. La recente affermazione delle tecnologie informative basate sullo sviluppo di modelli BIM ha però introdotto nuove potenzialità e problematiche di interoperabilità. Il BIM e il GIS sono strumenti complementari con alcune caratteristiche comuni ma tipicamente utilizzati in ambiti e per scopi differenti. Il BIM permette di gestire informazioni dettagliate (geometriche e semantiche) sul singolo elemento non avendo però una visione di insieme su vasta scala. Il GIS permette di gestire tutti gli elementi su vasta scala ma non ha informazioni dettagliate sul singolo elemento. Per questo motivo è importante l'integrazione dei due strumenti per la gestione del servizio idrico integrato, e non solo. L'obiettivo di questo articolo è approfondire ed analizzare gli standard informativi aperti per le infrastrutture idrauliche civili secondo logiche GIS, implementando tecnologie e standard BIM. In particolare, si fa riferimento allo standard ISO - IFC, il quale permette di trattare il problema con una visione universale. Il presente studio è parte di una ricerca finanziata attraverso fondi PNRR nell'ambito di un dottorato di ricerca in collaborazione con ETRA S.p.A. Società benefit, ente territoriale che si occupa della gestione del servizio idrico integrato e del servizio ambientale integrato.

1 Introduzione

Il presente studio nasce dall'esigenza di ETRA S.p.A. di ottimizzare la gestione delle infrastrutture idrauliche relative al servizio idrico integrato, attraverso l'integrazione tra BIM e GIS. La gestione del servizio idrico integrato da parte di questa tipologia di enti avviene da tempo tramite l'uso del GIS. Tuttavia, i recenti obblighi normativi a livello nazionale, che impongono l'adozione di metodi e strumenti di gestione informativa

digitale negli appalti pubblici, hanno introdotto nuovi metodi di gestione del dato (metodologia BIM). Di conseguenza diventa essenziale integrare GIS e BIM per garantire una gestione unificata e coordinata delle informazioni.

L'obiettivo del presente studio è analizzare come gli standard informativi aperti possano garantire l'integrazione BIM – GIS. Vengono, quindi, esaminati: il BIM, il GIS e le loro principali differenze; i principali metodi di integrazione e i relativi formati aperti; e, infine, un caso studio di mappatura delle classi IFC per l'integrazione BIM – GIS, che sia in linea con gli standard aziendali di ETRA S.p.A. Sb.

1.1 BIM e servizio idrico integrato

Il BIM (Building Information Model) ha la sua origine concettuale nella metà degli anni '70 (Charles M. Eastman) ed ha subito un'evoluzione costante negli anni. Ad oggi è definito come un modello informativo tridimensionale, il quale può contenere le informazioni riguardanti l'intero ciclo di vita di un edificio o infrastruttura. Per fare un esempio, durante la fase di costruzione, il BIM è utilizzato per coordinare ed evitare le interferenze tra le diverse discipline [1]. Questo è di fondamentale importanza se pensiamo alle infrastrutture civili relative al servizio idrico integrato. All'interno di un impianto di trattamento delle acque reflue sono presenti molte condotte, di conseguenza è essenziale avere il modello BIM nella fase costruttiva per evitare interferenze tra condotte e tra condotte e strutture.

Attualmente IFC (Industry Foundation Classes) è lo standard ISO per l'interoperabilità dei modelli BIM. Esso è mantenuto e aggiornato dall'organizzazione no-profit buildingSMART International. Il modello dati IFC permette di descrivere le informazioni semantiche e geometriche di un edificio o infrastruttura. Attualmente il modello dati IFC presenta un buon livello di completezza ma non permette di descrivere tutti i tipi di edifici, infrastrutture o impianti esistenti. Ad esempio, secondo Söbke et al. [2] la descrizione di un impianto di trattamento delle acque reflue non è supportato sufficientemente dallo standard IFC.

1.2 GIS e servizio idrico integrato

Il GIS (Geographic Information System) nasce intorno agli anni '60, ma la sua origine concettuale risale a molto prima. Ad oggi è definito come un sistema informativo di gestione di database geografici, progettato per acquisire, archiviare, recuperare, analizzare e visualizzare dati localizzati nello spazio. Esso è utilizzato per molti scopi, tra cui la gestione informativa delle infrastrutture a rete nel mondo delle costruzioni (AEC). In particolare, parlando di servizio idrico integrato, il GIS è globalmente utilizzato per la gestione delle reti fognarie e di acquedotto [3].

Attualmente l'Open Geospatial Consortium (OGC) è l'organizzazione no-profit che si occupa di sviluppare e definire gli standard aperti per la comunità GIS, con l'obiettivo di favorire l'interoperabilità dei dati. Al contrario del BIM, però, non esiste un unico standard utilizzato da tutti, ma sono disponibili vari modelli di dati. Il più promettente sembra essere CityGML, il quale è tipicamente utilizzato per i modelli tridimensionali delle città (CIM – City Information Model) [4].

1.3 Architettura del dato e gestione delle informazioni tra BIM e GIS

I due sistemi (BIM e GIS) sono piuttosto diversi in termini di focus, ambito di interesse, sistema di riferimento e archiviazione dei dati [5].

Il BIM permette di modellare e descrivere ogni singolo aspetto di un edificio. Al modello tridimensionale possono essere associati una lunga serie di attributi che permettono di curare l'analisi energetica, la pianificazione dei lavori, la stima dei costi, la manutenzione, ecc. A causa, però, dell'elevato livello di dettaglio sul singolo elemento, l'estensione spaziale è limitata. L'ambito spaziale del BIM, infatti, è solitamente esiguo e descritto da un sistema di coordinate locali.

Il GIS permette di gestire elementi in ambito regionale, nazionale e mondiale. Di conseguenza, parlando di grandi distanze tra gli elementi, deve essere presa in considerazione la forma sferoidale della terra. Il GIS permette di associare informazioni agli elementi, anche se in modo più limitato rispetto al BIM. Le informazioni che si possono associare sono solitamente sufficienti per gli elementi di tipo "arco" della rete, ad esempio una condotta. Questo perché questi elementi non hanno bisogno di molte informazioni per essere descritti (diametro nominale, materiale, pendenza, ecc.). Il discorso è diverso per gli elementi puntuali della rete, i quali possono essere molto complessi (impianto di trattamento reflui) e non si riescono a descrivere nel dettaglio. In realtà anche un sollevamento idraulico, che è un elemento puntuale semplice, non si riesce a descrivere sufficientemente solo con il GIS. Sarebbe quindi necessario avere un modello BIM associato.

I due strumenti hanno delle chiare differenze e sono stati creati per motivi diversi. Il BIM è gerarchico, ed i dati sono profondamente interconnessi e standardizzati. Il GIS può gestire grandi volumi di dati georeferenziati, ma questa potenza aumenta la complessità di strutturazione e standardizzazione dei dati. Bisogna quindi comprendere come sfruttare entrambi gli strumenti, bilanciando l'estensione territoriale del GIS con la profondità semantica del BIM, in modo da rispondere alle esigenze di progettazione e gestione del servizio idrico integrato.

2 Materiali e Metodi

L'integrazione BIM - GIS permette di unire i punti di forza e di superare le lacune intrinseche dei due strumenti. Come si può comprendere, infatti, essi sono altamente complementari. Per questo in letteratura sono state proposte varie metodologie di integrazione in riferimento a precisi ambiti di applicazione. Se però parliamo di integrazione nell'ambito del servizio idrico integrato si trovano pochi riferimenti [6].

2.1 Integrazione BIM - GIS

Quando si affronta l'integrazione BIM-GIS nella letteratura, è necessario fare due distinzioni principali: livello di integrazione e flusso di informazioni.

Per quanto riguarda il livello di integrazione sono state proposte varie classificazioni. Quella maggiormente adottata è stata formulata da Amirebrahimi et al. [7] e distingue l'integrazione a livello di dati, a livello di processo e a livello applicativo.

Successivamente Liu et al. [8] e Basir et al. [9], hanno spiegato con maggior precisione questa classificazione. L'integrazione a livello di dati si basa principalmente sulla conversione, trasformazione o estensione dei modelli dati esistenti, oppure sulla creazione di nuovi modelli dati, che rappresentano una via di mezzo tra il BIM e il GIS. Le integrazioni a questo livello si sono concentrate principalmente sulla conversione tra IFC e CityGML. Da un lato ci sono varie sfide nella conversione tra IFC e CityGML [10]. Dall'altro la creazione di un nuovo modello dati è un processo altamente complesso che richiede molto tempo. L'integrazione a livello di processo non modifica il formato e la struttura dei dati di entrambe le parti, di conseguenza, i due modelli di dati rimangono distinti. Una tipica applicazione consiste nell'utilizzare il web semantico, normalmente impiegato per integrare informazioni provenienti da fonti differenti, tramite lo sviluppo di ontologie. L'integrazione a livello applicativo non si basa sui dati o sullo sviluppo di ontologie, ma sulla creazione di un tool specifico per integrare il BIM e il GIS, oppure sulla modifica di un tool esistente. Questo metodo è influenzato dal caso studio specifico e, quindi, solitamente poco flessibile.

Per quanto riguarda l'integrazione dal punto di vista del flusso di informazioni si ha il "BIM to GIS", il "GIS to BIM" e il "GIS and BIM". In dettaglio si può quindi avere: il BIM in supporto del GIS (BIM to GIS), dove le informazioni BIM sono importate all'interno del GIS; il GIS in supporto del BIM (GIS to BIM), dove le informazioni GIS sono importate all'interno del BIM; il BIM e il GIS sono ugualmente coinvolti (GIS and BIM), dove l'integrazione avviene tipicamente in un terzo ambiente [11].

Attualmente, il livello di integrazione più utilizzato e studiato è quello a livello di dati [12]. Anche l'integrazione tramite web, principalmente web semantico, per il livello di processo, è una soluzione studiata in letteratura [13]. Per quanto riguarda il flusso di informazioni il più utilizzato è il "BIM to GIS" [14], questo è dovuto alla natura intrinseca dei due strumenti. Il BIM, infatti, contiene molte informazioni ma puntuali, mentre il GIS è lo strumento più adatto a visualizzare e rappresentare molti dati spazialmente.

2.2 Integrazione BIM - GIS per il servizio idrico integrato

Le aziende idriche gestiscono la loro rete di condotte, edifici e impianti tramite il GIS, mentre la gestione della progettazione ed esecuzione delle opere puntuali avviene tramite BIM. Sarebbe, quindi, ottimale integrare i dati BIM all'interno del GIS in modo da avere un database unico. Di conseguenza il flusso di integrazione in questo ambito specifico è principalmente "BIM to GIS". Il GIS, però, non riesce a rappresentare tutti i dati BIM, per cui è necessario poter aprire i modelli BIM tramite un collegamento in un visualizzatore apposito, così da accedere a tutte le informazioni. Il GIS, infatti, rappresenta gli elementi puntuali della rete come un "nodo", di cui si possono visualizzare solo le informazioni principali. Mentre poi per i dati specifici si deve aprire il modello BIM. Idealmente sarebbe ottimo che i dati siano sempre sincronizzati tra i due strumenti.

Il primo passo per l'integrazione sopra descritta è portare tutte le informazioni BIM all'interno del GIS, per poi visualizzarne le principali. Andranno, quindi, integrati i modelli BIM all'interno del database GIS. Attualmente i software GIS, utilizzati per la

gestione del servizio idrico integrato hanno alla loro base un database SQL. L'obiettivo, quindi, sarà quello di inserire i modelli BIM all'interno del database GIS-SQL oppure di collegare i due database BIM-SQL e GIS-SQL. In questo modo, si avranno tutte le informazioni connesse e se ne potrà mostrare una parte nel visualizzatore di QGIS. Si integrano tutte le informazioni BIM, e non solo quelle visualizzabili, poiché, con un unico database o tramite la connessione tra due database, si potranno eseguire query utili per vari scopi. Il secondo passo sarà impostare un richiamo al modello BIM per visualizzare il modello tridimensionale e le informazioni in dettaglio.

Prima di formalizzare la metodologia proposta è necessario ragionare su due livelli concettuali. Dal punto di vista del livello informativo si vuole indagare quali informazioni si vogliono visualizzare in un GIS e quali in un BIM. Considerando il livello informatico, invece, si vuole indagare quali sono i modelli di dati e i relativi formati di file per la condivisione dei dati tra BIM e GIS.

2.3 Livello informativo

Analizzando il livello informativo, per definire le informazioni che si vogliono visualizzare all'interno di un GIS o BIM è necessario andare ad esaminare i singoli casi degli elementi presenti all'interno del servizio idrico integrato. È importante, inoltre, avere presente anche il contesto aziendale e normativo in cui le informazioni vengono utilizzate, in modo da capire il perché e a cosa servono i dati che si vanno a visualizzare. In particolare, si potrà fare riferimento ai capitolati informativi aziendali.

Questo livello concettuale verrà approfondito maggiormente durante la presentazione del caso studio. In termini più generali, nel GIS verranno visualizzate le informazioni principali degli elementi mentre nel BIM le informazioni di dettaglio.

2.4 Livello informatico: standard informativi aperti per il servizio idrico integrato (IFC e CityGML)

Il modello dati di riferimento per l'interoperabilità del BIM è l'IFC. Purtroppo, questo modello dati non presenta una disciplina specifica per la descrizione del settore della gestione dell'acqua. Per tale motivo Söbke et al. [2] avevano proposto un'estensione del modello dati IFC per un impianto di trattamento delle acque reflue, che però è solo uno degli impianti del servizio idrico integrato, perciò la soluzione proposta sarebbe comunque da ampliare. In generale, parlando di estensione del modello dati IFC, Yu et al. [15] hanno revisionato 64 studi di estensione, tra cui quello di Söbke et al. [2]. I risultati della revisione mettono in luce che non è presente una metodologia comune per le estensioni. Gli approcci per l'implementazione delle estensioni variano a seconda dello scopo. Queste estensioni, inoltre, dovrebbero essere sottoposte a rigorosi processi di validazione per convalidarle e aggiungerle nei prossimi aggiornamenti dello schema. Riassumendo, IFC non ha un meccanismo standardizzato per gestire grandi estensioni, sebbene le proprietà personalizzate "Pset" e gli "IfcProxy" siano lo standard per le estensioni limitate. In alternativa, è possibile adattare le classi già presenti nel modello dati, anziché estendere lo schema con classi che forse verranno adottate in IFC5. BuildingSMART Germany [16] ha proposto uno schema in cui si utilizzano le classi

del modello dati IFC4X3 per alcuni elementi del servizio di distribuzione dell'acqua (prima metà del servizio idrico integrato). In dettaglio, secondo lo schema proposto: le condotte, i fitting, le valvole, i sensori, i misuratori di portata, le pompe, le camerette e i serbatoi possono essere descritti con classi IFC esistenti; mentre i pozzi, le vasche di trattamento/potabilizzazione e i rilanci non sono sufficientemente definibili.

L'IFC può essere codificato in vari formati di file, ognuno dei quali presenta vantaggi e compromessi in termini di supporto software, scalabilità e leggibilità. STEP Physical File (SPF) è il formato più utilizzato nella pratica comune, il più compatto tra quelli esistenti e può essere letto come testo. Terse RDF Triple Language (Turtle) e Resource Description Framework (RDF/XML) sono i formati per il web semantico e si basano su ifcOWL, il quale fornisce una rappresentazione in Web Ontology Language (OWL) del modello dati IFC. Nella pagina ufficiale di buildingSMART International è presente anche SQLite, il quale può memorizzare i dati IFC all'interno di un database, ma è tra i formati sperimentali o non supportati. Parallelamente Bock and Eder [17] hanno proposto uno schema database ifcSQL per memorizzare dati IFC secondo il modello dati ufficiale. Con ifcSQL è possibile memorizzare molti modelli BIM in un unico database. Quest'ultima soluzione potrebbe essere la più adatta per la creazione del database BIM da integrare con quello GIS.

CityGML è lo standard più diffuso a livello internazionale per archiviare e scambiare modelli tridimensionali di aree urbane con una semantica nel dominio geospaziale. All'interno del modello dati CityGML è presente il modulo "WaterBody", il quale è progettato per descrivere i principali aspetti legati all'acqua (es. fiumi, laghi, e altri corpi idrici). Tuttavia, questo modulo è piuttosto generale e non è specificamente pensato per la gestione dettagliata delle infrastrutture idrauliche del servizio idrico integrato (condotte, impianti di trattamento, ecc.). In alternativa, CityGML supporta la creazione di estensioni del modello dati per casi d'uso specifici. Le estensioni avvengono secondo un meccanismo standardizzato detto "Application Domain Extensions" (ADE), il quale non modifica lo schema base di CityGML. L'Utility Network ADE [18] è l'estensione per le reti di servizi, come elettricità, gas, acqua e telecomunicazioni. Può essere utilizzata per una rappresentazione più dettagliata delle reti infrastrutturali, compreso il settore idrico.

Anche CityGML può essere codificato in vari formati, due di questi sono basati su file XML o JSON (noto come CityJSON) e un terzo è basato su database SQL, chiamato 3D City Database (3DCityDB) [19]. Il vantaggio di utilizzare una codifica basata su database è che quest'ultimi sono costruiti per gestire e organizzare grandi quantità di dati, com'è tipico del GIS. Di conseguenza nell'ottica della ricerca in corso, lo standard CityGML in formato SQL potrebbe favorire una standardizzazione del GIS per il ciclo idrico integrato. In questo modo si andrebbero ad interfacciare due database SQL (BIM e GIS) entrambi basati su un modello di dati standardizzato.

3 Risultati e Discussione

Come precedentemente evidenziato, il primo passo per formalizzare la metodologia proposta consiste nel ragionare sui concetti di livello informativo e informatico. Nei

paragrafi precedenti è stata fornita una concettualizzazione generale dei due livelli, ma è necessaria un'applicazione più concreta. A tal fine, si propone un caso studio riguardante un sollevamento idraulico di fognatura (Fig. 1.), manufatto tipico della rete del servizio idrico integrato.

Per quanto riguarda il livello informativo, è necessario partire dalle informazioni associate a questo tipo di opera, basandosi gli standard aziendali di ETRA S.p.A. Sb. Le informazioni che l'Azienda associa ad un manufatto di questo tipo derivano dalla storia della multiutility nella gestione tramite GIS di queste opere. Lo standard GIS aziendale è stato sviluppato negli anni in base alle esigenze operative. Di conseguenza non vengono utilizzati standard GIS internazionali (OGC). L'obiettivo è analizzare come le informazioni associate al sistema GIS possano essere implementate nei modelli BIM. In modo che i modelli BIM creati per nuovi progetti di sollevamenti idraulici siano facilmente integrabili.

Per quanto riguarda il livello informatico, si utilizza lo standard IFC per integrare le informazioni tipicamente associate ad un sollevamento idraulico. Prima però, è necessario definire quali classi IFC utilizzare per l'esportazione degli elementi del modello BIM del sollevamento. Come detto in precedenza, per quanto riguarda le pompe, le valvole e le condotte all'interno del sollevamento non ci sono particolari dubbi in quanto il modello dati IFC mette a disposizione delle classi specifiche (IfcPump, IfcValve, IfcPipeSegment, IfcPipeFitting). Tuttavia, per quanto riguarda l'involucro esterno del sollevamento idraulico, non esiste una classe specifica all'interno dello standard IFC. Di conseguenza si adatta la classe IfcDistributionChamberElement, la quale definisce un luogo in cui i sistemi di distribuzione e i loro elementi costitutivi possono essere ispezionati o attraverso cui possono viaggiare [20]. L'elemento viene quindi identificato con un enumerativo definito dall'utente: "PumpStation". In realtà un sollevamento idraulico di fognatura è qualcosa di più avanzato rispetto ad un "IfcDistributionChamberElement", però attualmente questa rimane l'unica classe adatta alla sua descrizione.

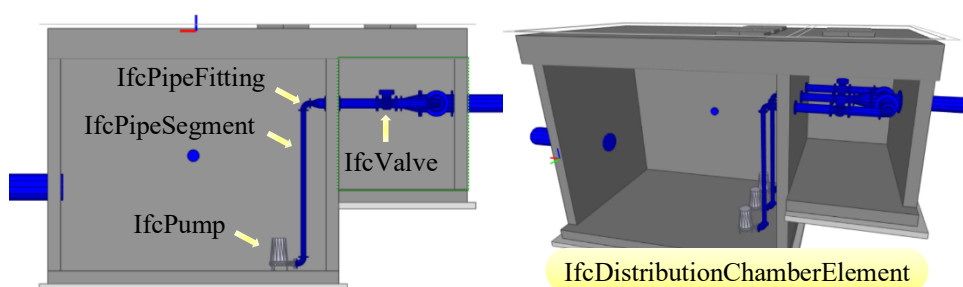


Fig. 1. Sezione del sollevamento idraulico di fognatura con le relative classi IFC associate.

A questo punto è possibile associare le classi del modello IFC alle informazioni standard GIS del sollevamento idraulico di fognatura. In Tab. 1. sono riportati: nella prima colonna le categorie standard, nella seconda le classi IFC assegnate, nella terza il Pset associato e nella quarta il nome della proprietà. Come si può notare, per alcune categorie non serve il Pset, in quanto è già presente un attributo dedicato. Nella maggior parte dei casi, invece, non esiste un Pset specifico, per cui è necessario crearne uno

personalizzato. L'assegnazione delle classi, dei Pset e dei nomi della proprietà segue quanto indicato nella pagina ufficiale di buildingSMART International, versione IFC4X3_ADD2 [20]. Va precisato che l'assegnazione di alcune classi IFC, come riportato in Tab. 1, presuppone che il modello BIM sia correttamente georeferenziato.

Tab. 1. Assegnazione delle classi IFC, dei Pset e dei property name alle categorie GIS.

CATEGORIA	CLASSE IFC	PROPERTY SET	PROPERTY NAME
Comune	IfcSite	Pset_Address	Town
Via	IfcSite	Pset_Address	AddressLines
Posizione Planimetrica	IfcSite	Personalizzato	Personalizzato
Tipo di Pavimentazione	IfcSite	Pset_SpaceCoveringRequirements	FloorCovering
Quota Terreno	IfcSite	-	RefElevation
Precisione Planimetrica	IfcSite	Personalizzato	Personalizzato
Data Inventario	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Data Posa	IfcDistributionChamberElement	Pset_ConstructionOccurence	InstallationDate
Impresa Esecutrice	IfcDistributionChamberElement	Pset_ManufacturerTypeInformation	Manufacturer
Stato	IfcDistributionChamberElement	Pset_DistributionChamberElement Common	Status
Proprietà	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Denominazione	IfcDistributionChamberElement	-	Name
Funzione	IfcDistributionChamberElement	-	PredefinedType
Numero Pompe	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Quota Fondo Vasca	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Quota Ingresso	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Quota Uscita	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Volume Minimo	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Volume Massimo	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Potenza	IfcPump	Pset_EnergyRequirements	PowerDemand
Prevalenza	IfcPump	Personalizzato	Personalizzato
Portata	IfcPump	Pset_PumpTypeCommon	FlowRateRange
Scaricatore di emergenza	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
ID scaricatore di piena	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Codice Controllo Gestione	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Centro Di Costo	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Telecontrollo	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Codice ATO	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Data dismissione	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Tipo Fognatura	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Recinzione	IfcDistributionChamberElement	Personalizzato	Personalizzato
Coordinata X	IfcMapConversion	-	Eastings
Coordinata Y	IfcMapConversion	-	Northings

Le categorie assegnate sono solo una parte delle informazioni che un modello IFC può contenere. Di conseguenza, sarebbe necessario approfondire, secondo le necessità dell'Azienda, quali altre informazioni potrebbero essere associate al modello BIM. Ad esempio, le pompe all'interno del sollevamento possono essere arricchite con tutta una serie di informazioni utili. Con l'occasione si potrebbe anche valutare l'estensione delle classi pubblicate nel GIS, considerando che un modello BIM può integrare un alto numero di informazioni. Tuttavia, è importante ricordare che, secondo la metodologia proposta, per accedere alle informazioni di dettaglio è preferibile consultare direttamente il modello BIM. Sarebbe ottimale, inoltre, che anche lato GIS, l'azienda iniziasse un percorso di standardizzazione, in riferimento ad uno degli standard internazionali OGC (una buona soluzione potrebbe essere CityGML). Come affermato, questo è solo il primo passo verso l'integrazione BIM – GIS per migliorare la gestione del servizio idrico integrato. Una volta definito come esportare il file IFC, i prossimi passi prevedono la creazione di un database ifcSQL e la sua successiva integrazione con il database GIS-SQL.

4 Conclusion

Il presente studio ha evidenziato la necessità di integrare i sistemi BIM e GIS per la gestione ottimale delle infrastrutture idriche civili, nel contesto del servizio idrico integrato. L'analisi preliminare dei due strumenti ha dimostrato come pur essendo nati per scopi diversi essi si completano a vicenda. Il BIM offre una gestione dettagliata e puntuale degli elementi, mentre il GIS è ideale per la visione d'insieme e la gestione su larga scala. L'integrazione tra BIM e GIS deve essere supportata da standard informativi aperti in modo definire una metodologia comune, che possa essere replicata. Riferendosi in particolare al modello dati IFC, il caso studio ha dimostrato come, nonostante alcune limitazioni, possa essere utilizzato per la definizione di un sollevamento idraulico di fognatura, e come gli si possano associare le categorie GIS standard di ETRA S.p.A. Sb.

Questo studio mette le basi per l'integrazione BIM - GIS, necessarie per i successivi sviluppi. È però fondamentale continuare la mappatura IFC delle altre opere del servizio idrico integrato. Il limite principale del presente studio è che la mappatura proposta non si basa su categorie GIS definite da standard internazionali, quindi la procedura è replicabile solo in parte. Sarebbe, quindi, necessario impostare anche le categorie GIS secondo standard internazionali.

Riferimenti bibliografici

1. Liu, H., Su, H., Li, H.: Study on Digital Twin Technologies for Watershed Information Modeling (WIM): A Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis, (2023). <https://doi.org/10.1007/s11831-023-09977-y>.
2. Söbke, H., Peralta, P., Smarsly, K., Armbruster, M.: An IFC schema extension for BIM-based description of wastewater treatment plants. (2021).
3. Aquino Ficarelli, T.R., Ribeiro, H.: The Contribution of Geographical Information Systems—GIS in Water and Sewage Companies for Water Sustainability. In: World Sustainability Series. pp. 17–29. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-76624-5_2.
4. Tan, Y., Liang, Y., Zhu, J.: CityGML in the Integration of BIM and the GIS: Challenges and Opportunities, (2023). <https://doi.org/10.3390/buildings13071758>.
5. Zhu, J., Wright, G., Wang, J., Wang, X.: A critical review of the integration of geographic information system and building information modelling at the data level. In: ISPRS International Journal of Geo-Information. MDPI AG (2018). <https://doi.org/10.3390/ijgi7020066>.
6. Zhao, L., Liu, Z., Mbachu, J.: An Integrated BIM–GIS Method for Planning of Water Distribution System. ISPRS Int J Geoinf. 8, 331 (2019). <https://doi.org/10.3390/ijgi8080331>.
7. Amirebrahimi, S., Rajabifard, A., Mendis, P., Ngo, T.: A Data Model for Integrating GIS and BIM for Assessment and 3D Visualisation of Flood Damage to Building. (2015).

8. Liu, X., Wang, X., Wright, G., Cheng, J.C.P., Li, X., Liu, R.: A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS), (2017). <https://doi.org/10.3390/ijgi6020053>.
9. Basir, W.N.F.W.A., Majid, Z., Ujang, U., Chong, A.: Integration of GIS and BIM techniques in construction project management - A review. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives. pp. 307–316. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (2018). <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W9-307-2018>.
10. Noardo, F., Harrie, L., Ohori, K.A., Biljecki, F., Ellul, C., Krijnen, T., Eriksson, H., Guler, D., Hintz, D., Jadidi, M.A., Pla, M., Sanchez, S., Soini, V.P., Stouffs, R., Tekavec, J., Stoter, J.: Tools for BIM-GIS integration (IFC georeferencing and conversions): Results from the GeoBIM benchmark 2019. ISPRS Int J Geoinf. 9, (2020). <https://doi.org/10.3390/ijgi9090502>.
11. Wang, H., Pan, Y., Luo, X.: Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis, (2019). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>.
12. Karimi, S., Iordanova, I.: Integration of BIM and GIS for Construction Automation, a Systematic Literature Review (SLR) Combining Bibliometric and Qualitative Analysis. Archives of Computational Methods in Engineering. 28, 4573–4594 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09545-2>.
13. Shkundalov, D., Vilutienė, T.: Bibliometric analysis of building information modeling, geographic information systems and web environment integration, (2021). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103757>.
14. Zhu, J., Wu, P.: BIM/GIS data integration from the perspective of information flow, (2022). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104166>.
15. Yu, Y., Kim, S., Jeon, H., Koo, B.: A Systematic Review of the Trends and Advances in IFC Schema Extensions for BIM Interoperability, (2023). <https://doi.org/10.3390/app132312560>.
16. buildingSMART Germany: bSD_Whitepaper_Wasserwirtschaft_E-Book-en-bm. (2023).
17. Bernhard Simon Bock, Friedrich Eder: IfcSQL, <https://github.com/IfcSharp/IfcSQL>, last accessed 2024/10/03.
18. Tatjana Kutzner: CityGML-UtilityNetwork-ADE, <https://github.com/TatjanaKutzner/CityGML-UtilityNetwork-ADE>, last accessed 2024/10/03.
19. Yao, Z., Nagel, C., Kunde, F., Hudra, G., Willkomm, P., Donaubaauer, A., Adolphi, T., Kolbe, T.H.: 3DCityDB - a 3D geodatabase solution for the management, analysis, and visualization of semantic 3D city models based on CityGML. Open Geospatial Data, Software and Standards. 3, (2018). <https://doi.org/10.1186/s40965-018-0046-7>.
20. buildingSMART International: IFC4X3_ADD2 documentation, <https://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/>, last accessed 2024/10/09.