

Progetti per la metropolitana di Istanbul

SIMONE EANDI, CRISTIAN PALLARIA

Geodata SpA

Istanbul è una megalopoli con oltre 14 milioni di abitanti, caratterizzata da un insieme di patrimonio storico, naturale e urbanizzazione non controllata. Questo pone significativi problemi di pianificazione delle infrastrutture, in quanto la città continua a crescere in maniera incontrollata.

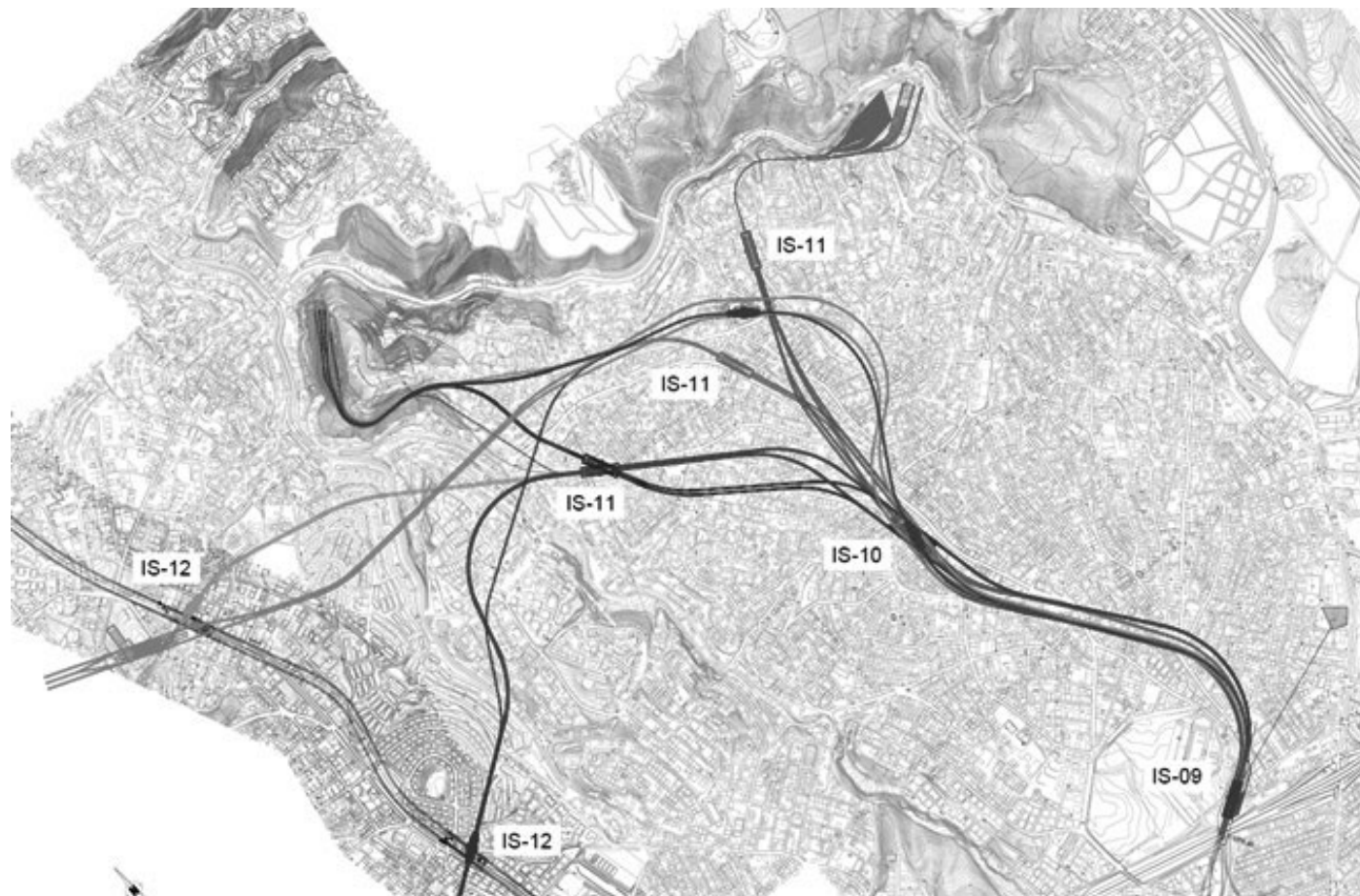
Negli ultimi dieci anni, la Municipalità di Istanbul (İstanbul Büyükşehir Belediyesi - IBB) ha finanziato un grande piano di investimenti per affrontare la crescente e urgente domanda di connettività pubblica: costruire entro il 2023 (centenario della celebrazione della fondazione della Repubblica Turca) una **rete ferroviaria metropolitana** di circa 500 km, che copre l'intera area metropolitana. La geografia di Istanbul, fortemente collinosa e con il Bosforo che ne separa il lato Orientale da quello occidentale, aggiunge una maggiore complessità a questa sfida infrastrutturale.

All'interno di questo ambizioso piano di investimenti, Geodata è stata coinvolta nello sviluppo di quattro progetti della rete metropolitana:

- Linea Dudullu-Bostanci (14 km, 13 stazioni in sotterraneo e 1 deposito). Progetto Definitivo e Costruttivo.
- Linea Ümraniye-Ataşehir-Göztepe (13 km, 11 stazioni in sotterraneo e 1 deposito). Progetto Definitivo.
- Linea Kirazlı-Halkalı (9,6 km, 8 stazioni in sotterraneo, 1 stazione in superficie e 1 deposito). Progetto Definitivo e Costruttivo.
- Linea Gayrettepe – Istanbul Yeni Havalimanı, che collegherà il centro della città con il nuovo aeroporto internazionale in costruzione. (37 km, 10 stazioni in sotterraneo). Revisione del progetto definitivo e progetto costruttivo.

I progetti della Metropolitana di Istanbul hanno voluto essere per Geodata la prima vera applicazione della tecnologia “**full BIM**” nella progettazione delle infrastrutture.

Introduzione e descrizione del progetto



inserire QR
code imma-
gine a colori

3.1 Ipotesi di tracciato realizzate con Civil 3D.
La possibilità di avere un riscontro immediato
sulle quantità di scavo e materiale da costru-
zione è stato fondamentale per la scelta del
tracciato finale.

La definizione del corridoio e il posizionamento delle stazioni è stata una delle attività più complesse.

La **continua evoluzione della città** ha portato a dover progettare tenendo sem-
pre in conto l'**impatto sull'esistente** e la pesante attività di interfaccia con i
progettisti di altre linee o insediamenti per coordinare il posizionamento delle
stazioni.

Lo studio del tracciato è stato sviluppato in continua evoluzione a partire dalla
fase preliminare, sino all'ultima fase esecutiva; i cambiamenti sono stati neces-
sari sia per "ordinarie" necessità progettuali, sia per richieste della committenza.

Durante la progettazione preliminare l'uso del software Civil3D ha permesso di
comparare molteplici alternative consentendo di accelerare il processo deci-
sionale da parte della committenza.

Dapprima è stato creato il modello digitale del terreno partendo da elementi
grafici (punti e linee) del rilievo fotogrammetrico eseguito su tutta l'area ur-
bana di Istanbul per conto della Municipalità. Durante il corso della progetta-
zione il modello generale è stato integrato localmente con i rilievi di dettaglio
in corrispondenza delle maggiori opere d'arte (stazioni e pozzi). Il software ha
permesso di modificare immediatamente le superfici e di integrarle eliminan-
do i punti in sovrapposizione ed aggiornando in modo dinamico tutte le entità
di Civil 3D legate alla superficie modificata.

Successivamente, definita la geometria plano-altimetrica di linea, è stato rea-
lizzato il modello dei binari e un macro-modello del tunnel, utile per studi di
altre discipline (strutturale/geotecnico). Inoltre, tramite i comandi dedicati a
volumi e superfici è stato eseguito il calcolo dei movimenti terra specialmente
per l'ottimizzazione del livello dei depositi a cielo aperto in relazione all'aspra
morfologia del terreno.

Tramite una scrupolosa definizione delle sezioni tipo con l'applicativo Subas-
sembly Composer di Autodesk, è stato possibile, sia **generare sezioni para-
metriche personalizzabili** impostando dei parametri "ad hoc", sia **estrarre le
quantità** di ciascun componente per il computo metrico.

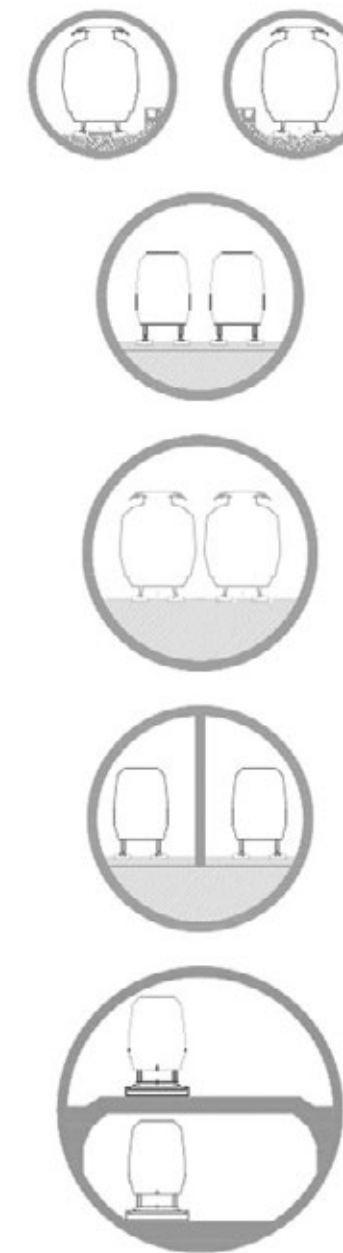
Durante la progettazione di dettaglio, invece, tramite Civil 3D ed Excel è stato
possibile generare il tracciamento delle coordinate X, Y, e Z del centro del tun-
nel, e successivamente, tramite Revit, sono stati creati i **modelli di dettaglio**
dei tunnel.

Autodesk Civil 3D, grazie alla sua dinamicità tra gli elementi (planimetria-profi-
lo-sezioni-superfici e volumi di progetto) ha consentito di minimizzare il tempo
dedicato alle modifiche progettuali, infatti, se un elemento viene modificato,
tutte le parti associate vengono aggiornate in modo dinamico e immediato,
oltre al fatto che la creazione di modelli ha agevolato il coordinamento 3D in-
terdisciplinare.

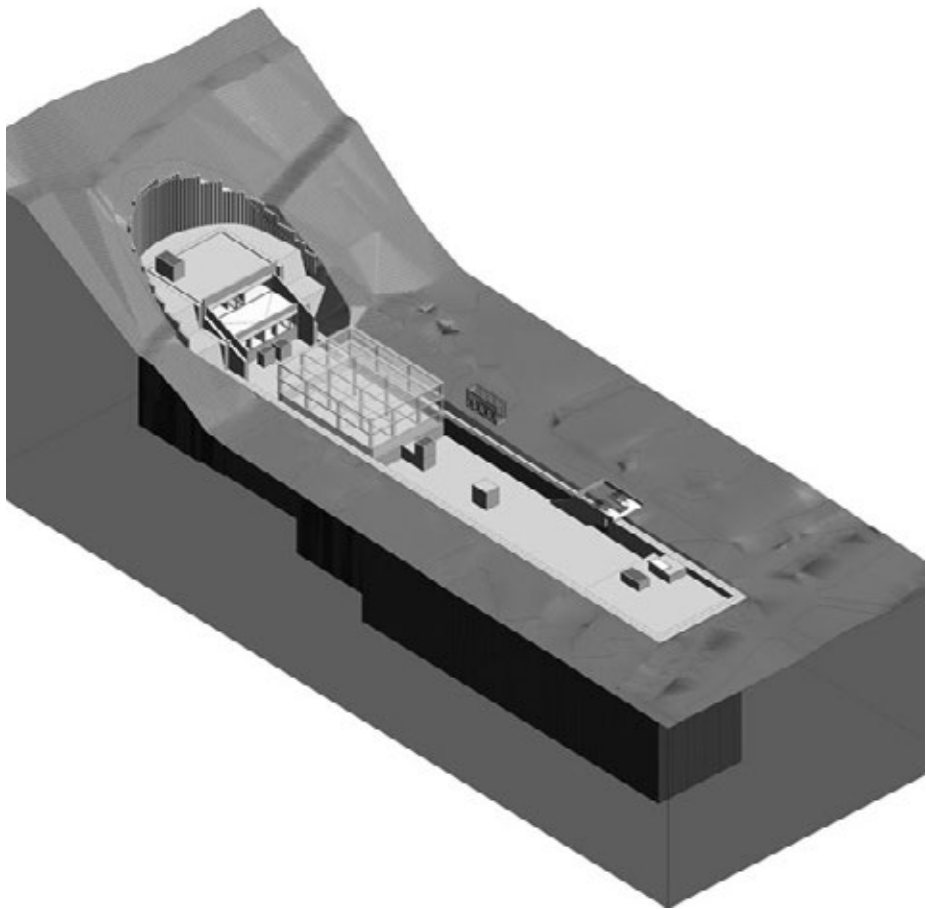
Infine, i **collegamenti ai dati esterni in cloud** hanno reso la gestione più flessi-
bile ed efficace di files molto pesanti.

Lo studio del tracciato con Civil 3D

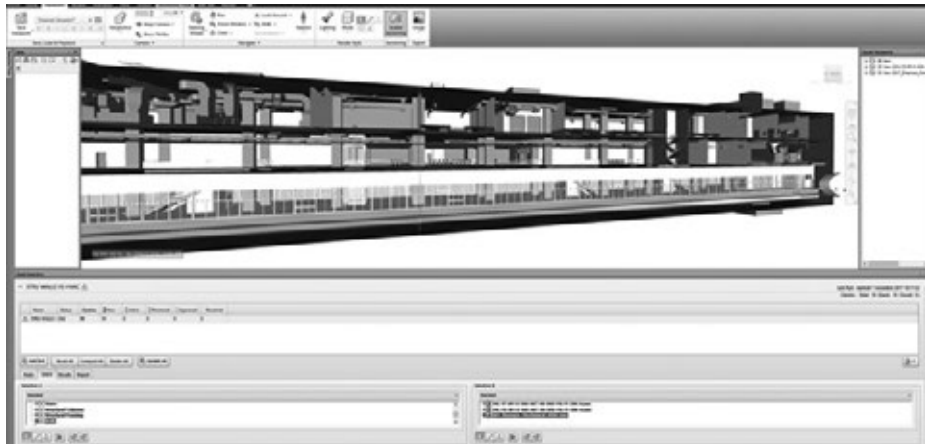
3.2 Sezioni tipo e di sistema valutate nelle va-
rie alternative di progetto.



3.3 La modellazione del terreno importato da Civil 3D ha consentito la simulazione delle opere di prima fase nonché l'elaborazione delle sistemazioni superficiali.



3.4 La *clash detection* realizzata con Navisworks ha consentito di intercettare tutte le interferenze tra discipline, nel caso specifico sono stati individuate quelle tra i condotti di ventilazione e le strutture.



La definizione funzionale delle stazioni è alla base di qualsiasi progetto di metropolitana. Il progetto funzionale deve potersi interfacciare e relazionare con tutte le altre discipline, dalle strutture, agli impianti fino alle finiture architettoniche. La scelta di lavorare nativamente e globalmente in ambiente BIM ha reso necessario definire un **linguaggio comune** definito nel **BIM Execution Plan** (BEP) in cui sono stati coinvolte anche i *Contractor* e la Committenza. Tale documento permette di definire le regole della progettazione e il corretto scambio di informazioni.

Il BEP ha definito gli steps e le impostazioni per generare un **modello federato**, cioè costituito da link delle diverse discipline, in particolare:

- Il **Modello Architettonico / Funzionale**, che accoglie tutte le discipline, rappresenta la base grazie alla quale viene gestita la suddivisione degli spazi, ognuno dei quali appartenente ad una specifica categoria. I vari locali sono contrassegnati da un sistema di codificazione univoco e grazie al dettaglio della modellizzazione è possibile estrapolare superfici e volumi utili al dimensionamento MEP. In questa disciplina, inoltre, è stato possibile gestire il complesso delle finiture, dagli intonaci a tutte le strutture di sostegno per le pannellature, i controsoffitti e i pavimenti flottanti.
- Il **Modello Strutturale** che include: i modelli di carpenteria, i modelli analitici e la progettazione delle opere di sostegno degli scavi di prima fase.
- Infine i **Modelli MEP**. Ogni singolo modello di questa disciplina include la gestione degli ingombri e fornisce i valori di dimensionamento preliminare, includendo anche i dati effettivi provenienti dalle relazioni di calcolo.

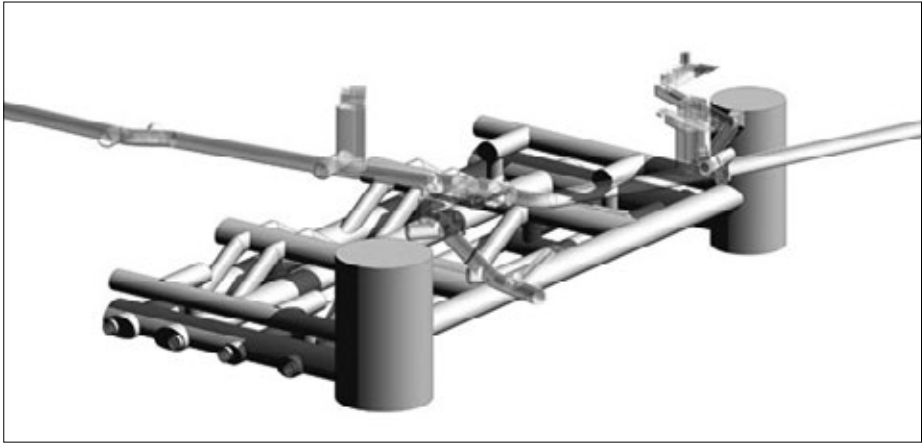
L'approccio BIM ha permesso di gestire singolarmente gli **abachi dei materiali**, consentendo di verificare e aggiornare meticolosamente il Computo Metrico Estimativo in modo immediato. La parametrizzazione delle famiglie e dei materiali, ha consentito di **collegare i materiali alle specifiche tecniche e ai prezzi unitari**, in accordo con la normativa turca, attraverso uno scambio di informazioni con l'impresa, che periodicamente aggiornava il BoQ (Bill of Quantities). Questa procedura di parametrizzazione e popolamento delle famiglie include inoltre i **codici WBS** utili per la gestione del 4D e del 5D, sviluppati in una fase successiva alla modellazione.

Tramite l'importazione del terreno e dei dati di tracciato derivanti da Civil 3D è stato possibile valutare tutti gli impatti superficiali di questa infrastruttura sotterranea, gestendo con precisione gli sbarchi in superficie degli accessi, delle uscite di emergenza e delle griglie di ventilazione, minimizzando gli impatti urbani.

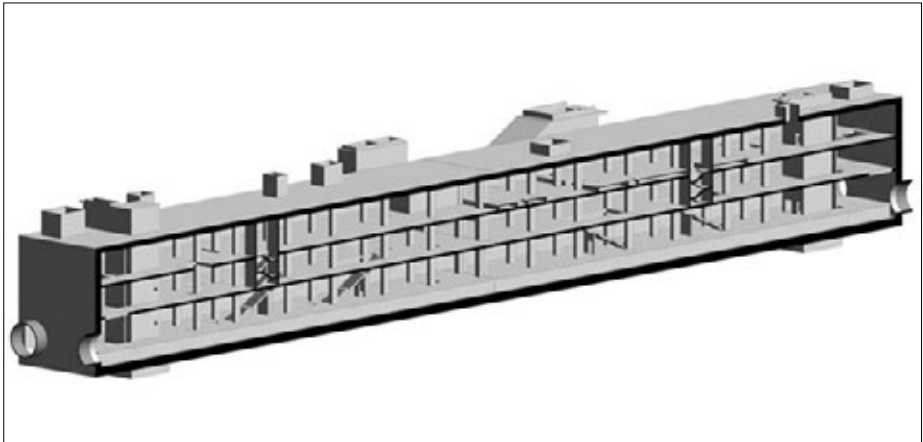
L'attività di **clash detection** è stata svolta periodicamente dai vari BIM Coordinators sia all'interno della singola disciplina che in ambiente multidisciplinare con l'uso di Naviswork che, diventa strumento chiave nella gestione manageriale del progetto.

La realizzazione delle opere architettonico/funzionali con Revit

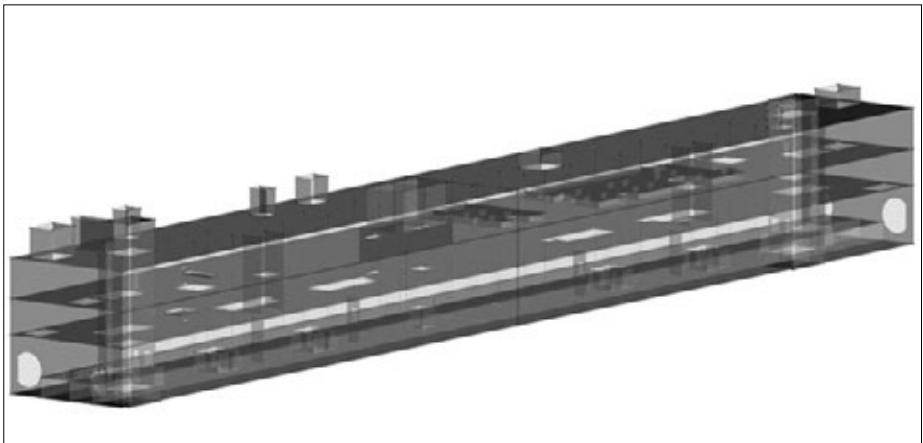
3.5 La collaborazione con partner esterni è stata possibile attraverso lo “spacchettamento” dei modelli in più parti, gestite da diverse strutture ubicate fisicamente in posti differenti che condividevano i modelli in un unico file master.



3.6 Il modello fisico realizzato con Revit Structure



3.7 Il modello analitico visualizzato in Revit Structure



Oltre a fornire alla Committenza e alla Partnership i modelli BIM costantemente aggiornati, tutte le altre consegne, sono avvenute in pdf e in dwg, in specifiche aree cloud avendo il **vincolo contrattuale della consegna del disegno 2D**.

L’approccio BIM si è rivelato un aspetto fondamentale, sia dal punto di vista della gestione del processo all’interno di Geodata, sia nei confronti degli altri Stakeholder. In particolar modo, è stato estremamente utile poter condividere lo stesso modello costruendo i manufatti di stazione simultaneamente dal punto di vista strutturale, architettonico ed impiantistico. Questo ha consentito di eliminare le incoerenze fra discipline e consegnare al cliente un prodotto di qualità e congruente in ogni sua parte.

Nel progetto della Metropolitana di Istanbul è stato scelto ROBOT come l’unico software di calcolo strutturale. La scelta è stata dettata dalla sua estrema ed efficiente **interoperabilità** con il modello strutturale realizzato in Revit. Questo ha consentito di evitare incongruenze e incomprensioni tra modellatori Revit e ingegneri strutturisti, nonché evitare incoerenze tra modello architettonico e strutturale, con la garanzia di un prodotto sempre coerente.

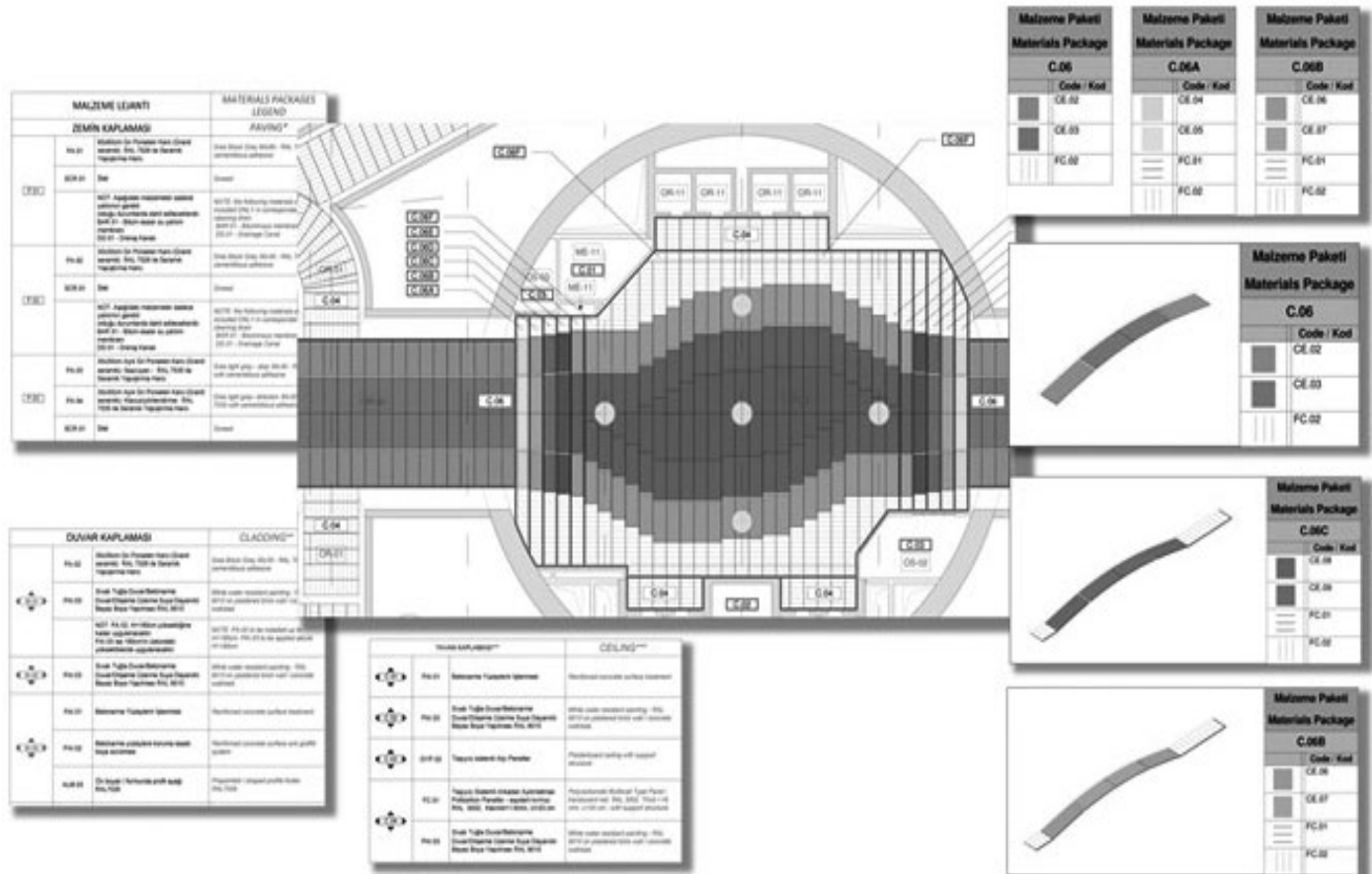
Entrando nello specifico, per poter creare correttamente il modello strutturale, è necessario definire ogni singolo elemento utilizzando i tool appropriati. Tutti gli elementi strutturali devono essere già identificati durante la creazione del modello fisico in modo che poi abbiano già tutte le caratteristiche per creare il modello analitico fondamentale nella successiva fase di esportazione verso il software di calcolo ad elementi finiti. Il **modello analitico** è una rappresentazione tridimensionale sviluppata nelle linee d’asse dei rispettivi elementi costituenti la struttura ma che viene creato simultaneamente e automaticamente con la modellazione fisica. Esso contiene la descrizione ingegneristica del modello fisico strutturale: la geometria (sezioni e profili), le proprietà dei materiali ed i carichi agenti.

La corretta impostazione degli elementi strutturali (solai, muri, pilastri e travi) consente la creazione di un modello analitico che rispecchia fedelmente la struttura in ogni minimo dettaglio.

Durante la fase di modellazione strutturale all’interno del software Revit, è indispensabile tener conto di **regole di modellazione** fondamentali affinché l’interoperabilità sia efficace. Dopo aver verificato accuratamente che queste regole siano state rispettate nella creazione del modello, è possibile esportare il modello al software di calcolo con un incredibile risparmio di tempo.

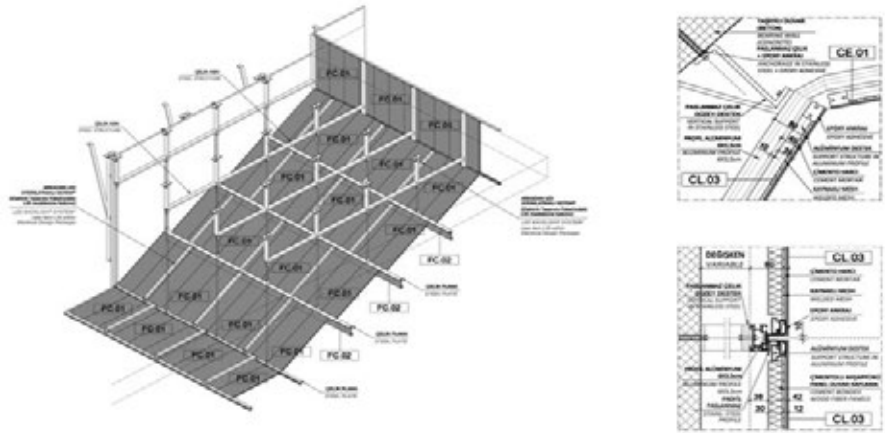
L’interoperabilità tra Revit e Robot è garantita per mezzo di specifici plug-in, che devono essere installati su entrambi i software, in modo da garantire la creazione, l’esportazione e la lettura dei file di interscambio. Questi componenti aggiuntivi permettono un **flusso di lavoro perfettamente bidirezionale**, in grado di cogliere istantaneamente le modifiche che vengono apportate e

La realizzazione delle strutture con Revit e l’interoperabilità Revit-Robot



3.8 Immagine rappresentativa dei controsoffitti e della loro gestione in Revit.

3.9 I dettagli dei controsoffitti sono stati realizzati tutti all'interno di Revit. Per rispondere alle richieste contrattuali si è deciso di lavorare per il progetto definitivo su un livello di LOD pari al 300, lasciando ancora spazio ad un LOD 400 e 500 per le fasi successive.

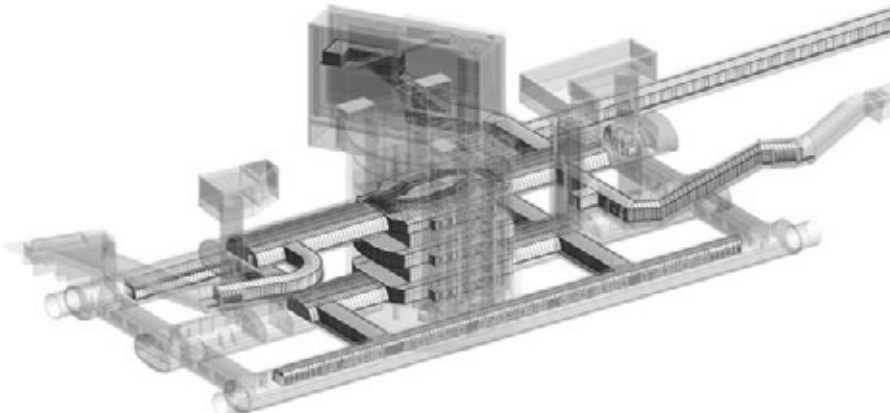


mantenere il modello architettonico e strutturale sempre aggiornato. Questo aspetto consente di rilevare automaticamente eventuali aggiornamenti architettonici che impattano sulle strutture o, viceversa, aggiornare le dimensioni degli elementi strutturali nel modello fisico a seguito di esigenze strutturali. Per quanto riguarda l'interscambio dati tra i due software, è importante segnalare che **sono comunque presenti delle limitazioni**, nonostante la bidirezionalità del flusso di lavoro; alcuni elementi potranno essere trasferiti in entrambe le direzioni (come ad esempio i solai, muri, pilastri strutturali e travi), altri invece solo in una direzione (ad esempio i carichi applicati al modello, che sono trasferibili solo da Revit a Robot e non nel verso contrario).

Tutte le finiture architettoniche sono state realizzate in Revit, dallo studio concettuale fino alla sua ingegnerizzazione e realizzazione. In particolar modo, lo studio concettuale delle **forme complesse** dei controsoffitti è stato condotto attraverso dei prototipi studiati e modellati in Rhinoceros, sfruttando le potenzialità di Grasshopper per la modifica degli stessi attraverso regole algoritmiche che hanno consentito varianti per mezzo del cambiamento di alcuni parametri.

È stato scelto un modello di controsoffitto con pannelli in grès laminato pieghevole ed in polycarbonato, riferendosi ai giochi di luce, ai materiali ed alle curve tipiche dell'architettura ottomana, unita ad una robusta modularità. Gli elementi hanno voluto creare una forte connessione simbolica con la identità locale, oltretché orientare i passeggeri nei percorsi interni, differenziando gli spazi principali da quelli di passaggio. L'utilizzo del BIM in questa fase è diventato un forte banco di prova per stabilire una metodologia e dei protocolli che oggi sono utilizzati in tutti i progetti di Geodata.

La realizzazione delle finiture architettoniche con Revit e l'interoperabilità con Rhinoceros



3.10 I controsoffitti sono stati realizzati in un file a parte linkato all'interno del file generale del modello funzionale di stazione.

La realizzazione del 4D e 5D del tracciato con Naviswork e Project

Per quanto concerne i controsoffitti concepiti e modellati in Rhino sono stati collegati bidirezionalmente a famiglie esterne di Revit. Queste famiglie sono state introdotte nel modello e montate come elementi prefabbricati assemblati ed inseriti nella posizione corretta con l’ausilio di script appositamente creati. Le finiture presentano notevoli insidie per il calcolo delle quantità per la miriade di elementi da considerare: il modello Revit ha di fatto prodotto il computo di tutte le quantità in forma tabellare scambiando i dati con Excel grazie al plug-in Flux.io. Una volta definiti tutti gli assemblaggi, in Revit sono stati creati abachi schematici e dettagli impaginando tutto per mezzo di procedure automatizzate.

La metodologia per un progetto BIM, permette un controllo di gestione accurato, non solo in termini di coordinamento spaziale ma anche temporale ed economico. Si sente spesso parlare di 4D e 5D che identificano, nell’ordine, l’associazione agli elementi 3D, del cronoprogramma lavori e dei costi (materiale, manovalanza, equipaggiamenti, ecc.).

La piattaforma utilizzata per processare queste informazioni, è Autodesk Navisworks. All’interno di questo prodotto è possibile aggregare elementi (definiti *item*) provenienti da diversi software e soprattutto anche dati di tipo disomogeneo (oggetti 3D, oggetti 2D e nuvole di punti). Ogni *item* risulta univocamente identificato da un **codice (ID)** che permette, durante tutto il processo di progettazione, di “agganciare” dei dati di diversa entità. I dati del cronoprogramma sono stati estratti da Microsoft Project, attraverso tale tipo di connessione.

Dal punto di vista operativo, ogni singolo *task* è stato associato ad un raggruppamento di elementi; i raggruppamenti vengono creati, in fase di “progettazione del template”, basandosi su delle regole di ricerca di parametri. Tipicamente le regole tengono conto dell’appartenenza gerarchica ad edificio, piano, stanza, categoria e materiale, ma ovviamente possono variare in funzione della WBS (**Work Breakdown Structure**) delineata. In questo modo, il cronoprogramma reale viene recepito ed ancorato ai singoli elementi in modo automatizzato, consentendo la visualizzazione grafica per il controllo delle interferenze in fase di realizzazione dell’opera.

La realizzazione del progetto dei conci della TBM con Inventor

La progettazione delle carpenterie prefabbricate dei conci, necessari allo scavo in TBM (Tunnel Boring Machine), è da sempre una delle attività in cui Geodata ha avuto apprezzamenti dal mercato dell’ingegneria del sotterraneo, e di riflesso tale competenza ha richiesto una parte importante di ricerca e sviluppo interna.

Il progetto della metropolitana di Istanbul ha permesso lo sviluppo di una nuova metodologia di lavoro basata sul rilascio di una piattaforma interna sviluppata e strutturata all’interno del software PLM di casa Autodesk (Inventor) dedicato alla progettazione e restituzione grafica di qualsiasi tipo di conci prefabbricati. Gli anelli prefabbricati utilizzati per il rivestimento interno delle gallerie scavate con tecnologia meccanizzata, sono da sempre un oggetto ostico da realizzare tridimensionalmente, in quanto gli elementi che lo costituiscono (conci) hanno una geometria estremamente complessa ed articolata. Sinora tali oggetti erano gestiti con l’utilizzo di Lisp Autocad interne che permettevano di realizzare un prodotto geometricamente corretto, ma limitato alla forma teorica del concio stesso, ovvero privo delle finiture e di tutti i dettagli che invece lo compongono nella realtà.

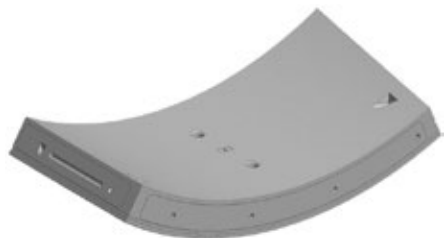
Il nuovo tool sviluppato denominato **“The Ring”**, permette di agire in tempo reale su un modello parametrico gestendo la personalizzazione di ogni concio, andandone a definire ogni minimo dettaglio sin dalla definizione della geometrie base (numero di conci, raggio di curvatura, spessore, raggio netto interno della galleria, larghezza media anello) sino ad arrivare alla scelta delle tipologia e alle misure delle finiture (tipologia dei bordi laterali, numero e tipologia dei bulloni con relative tasche per l’inserimento delle stesse, connettori longitudinali e predisposizioni per il sollevamento, ecc.). Grazie a questa nuova procedura è ora possibile verificare immediatamente se le scelte progettuali fatte, rispecchiano i requisiti di progetto e di verifica, agendo sui numerosi parametri del modello parametrico (oltre 200 parlando del singolo concio), il tutto in tempi ristretti e con una precisione tipica dei prodotti meccanici. Il modello realizzato ed ultimato, viene successivamente restituito in tavole bidimensionali necessarie per la realizzazione dei casseri di prefabbricazione. Inoltre, il modello tridimensionale viene riutilizzato ed importato in Revit (grazie all’utilizzo di Dynamo) per il montaggio tridimensionale della galleria compatibilmente con i vincoli dovuti alle rotazioni anello-anello necessarie per gestire la tronco-conicità dell’anello stesso.

Il **Computational Design** consiste nell’applicazione di strategie computazionali ai processi di progettazione convenzionali. Mentre nei processi tradizionali i progettisti si affidano ad intuizione ed esperienza per risolvere le problematiche progettuali, il Computational Design aspira a migliorare e supportare questo processo, codificando “l’esperienza” in linguaggio macchina. Il **Generative Design**, è una evoluzione del Computational Design in cui vengono utilizzati algoritmi che mimano l’evoluzione naturale. I progettisti inseriscono i risultati attesi assieme ad una serie di condizioni a contorno come materiali, metodi di fabbricazione, costi e vincoli fisici. Successivamente, utilizzando il calcolo distribuito nel cloud, è possibile esplorare un numero quasi illimitato di



3.11 Anello composto dai diversi conci modellati con Inventor.

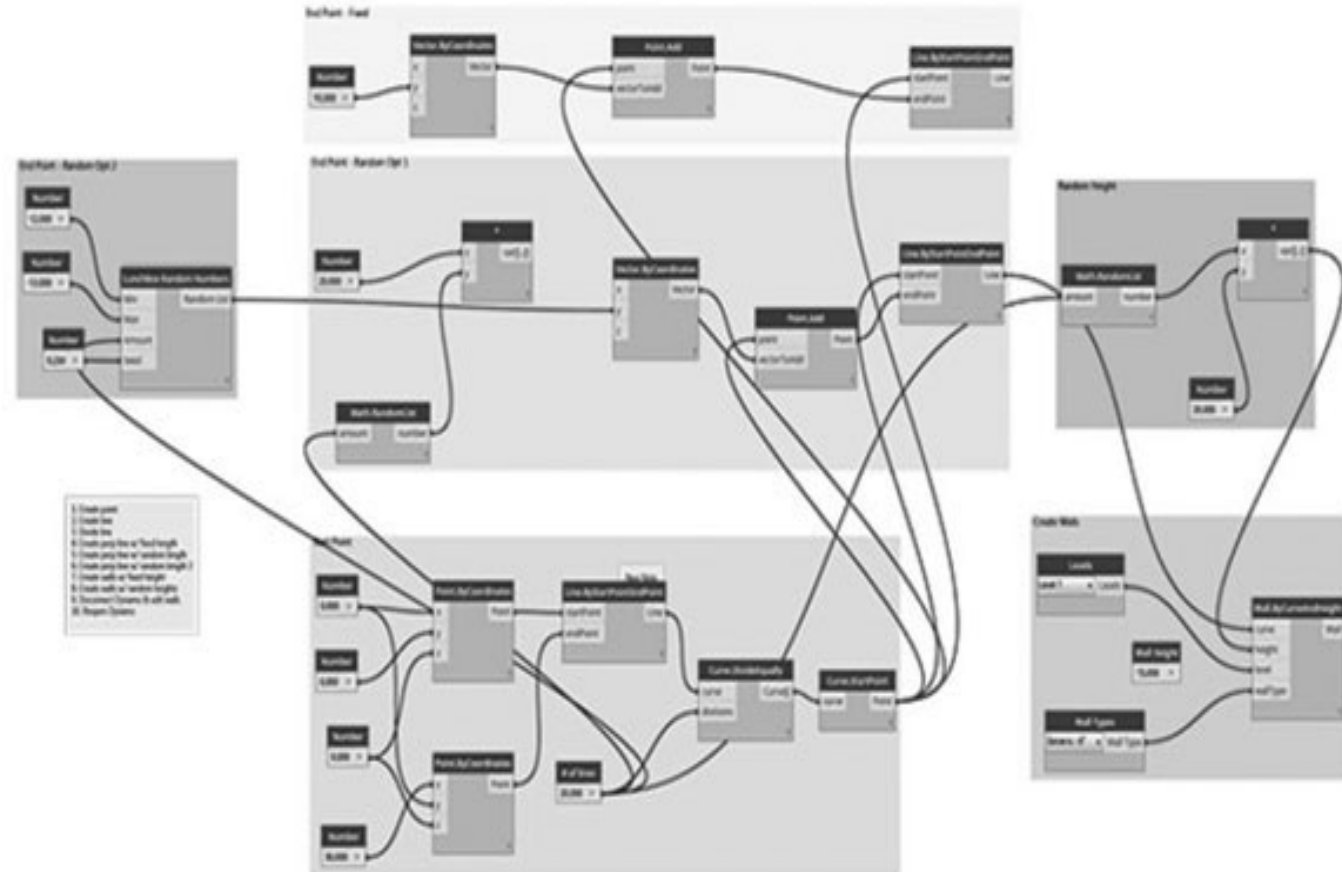
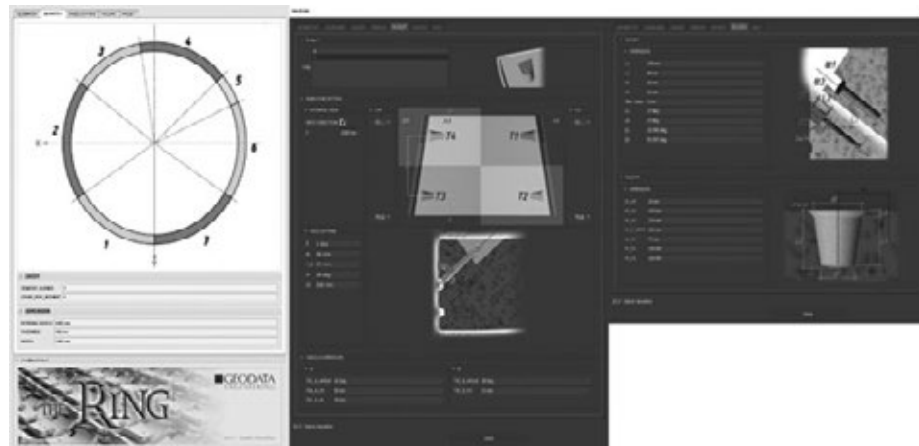
3.12 Immagine del modello tridimensionale del singolo concio e dei suoi dettagli, tutto realizzato in modo automatizzato attraverso Inventor.



Dynamo, computational and generative design

3.13 Interfaccia grafica del tool sviluppato internamente a Geodata per la realizzazione dei concii.

3.14 Interfaccia grafica di Dyamo per la programmazione visuale.



alternative, derivanti da tutte le permutazioni possibili generate dall'algoritmo definito. Con il Generative Design non esiste una singola soluzione ma, potenzialmente, migliaia di ottime soluzioni. Sarà poi cura del progettista identificare quella che meglio risponde alle proprie necessità.

Con l'ausilio delle tecniche miste di Computational e Generative Design, è stato possibile realizzare il modello del tunnel di linea in maniera completamente automatica. Le difficoltà principali sono state:

- Modellare in maniera automatica tutti i tunnel, costruiti con la tecnica dei conci prefabbricati.
- Inserire tutti gli impianti lineari come: tubazioni antincendio, canalette per la distribuzione elettrica, cabine di distribuzione, impianti di illuminazione e accessori di vario tipo.
- Trovare la miglior soluzione costruttiva che permettesse di non utilizzare nessun tipo di raccordo a gomito nella progettazione delle tubazioni, scegliendo delle connessioni dirette tra i vari tratti di lunghezza variabile (6 o 3 metri).

La piattaforma utilizzata per la creazione degli script di Computational Design da utilizzare ad ausilio della modellazione parametrica è ricaduta su Autodesk Dynamo. La soluzione finale prevede l'importazione di un file Excel con le coordinate XYZ dell'asse centrale del tunnel, elaborate successivamente in Dynamo per creare una polilinea curvilinea 3D (NURBS). Tale curva è stata successivamente discretizzata per identificare dei punti a intervalli regolari, pari alla lunghezza del singolo anello; tali punti definiranno successivamente il punto di inserimento dell'anello stesso.

Poichè il Computational Design si appoggia largamente alle regole di geometria vettoriale per il calcolo delle tangenti e normali alle curve, una volta identificate tangenti e punti di inserimento, tale tecnica è stata utilizzata per il posizionamento di tutti gli altri elementi di linea come tubazioni ed impianti vari. Alla luce dei risultati ottenuti, in termini di accuratezza e riduzione di ore/uomo, risulta evidente che per la produzione di tutti i tunnel previsti nello *scope of work*, tali risultati non sarebbero stati raggiungibili con le tecniche di modellazione tradizionale.

Inoltre, un enorme contributo, in termini di supporto alla progettazione esecutiva, è derivato dall'utilizzo degli algoritmi del Generative Design per la scelta della migliore configurazione per la posa in opera delle tubazioni in galleria. I vincoli risultavano essere principalmente due: utilizzo di tubazioni di due lunghezze commerciali (6 m e 3 m), e utilizzo di giunzioni rigide e flessibili per la connessione delle tubazioni di diametro 200 mm.

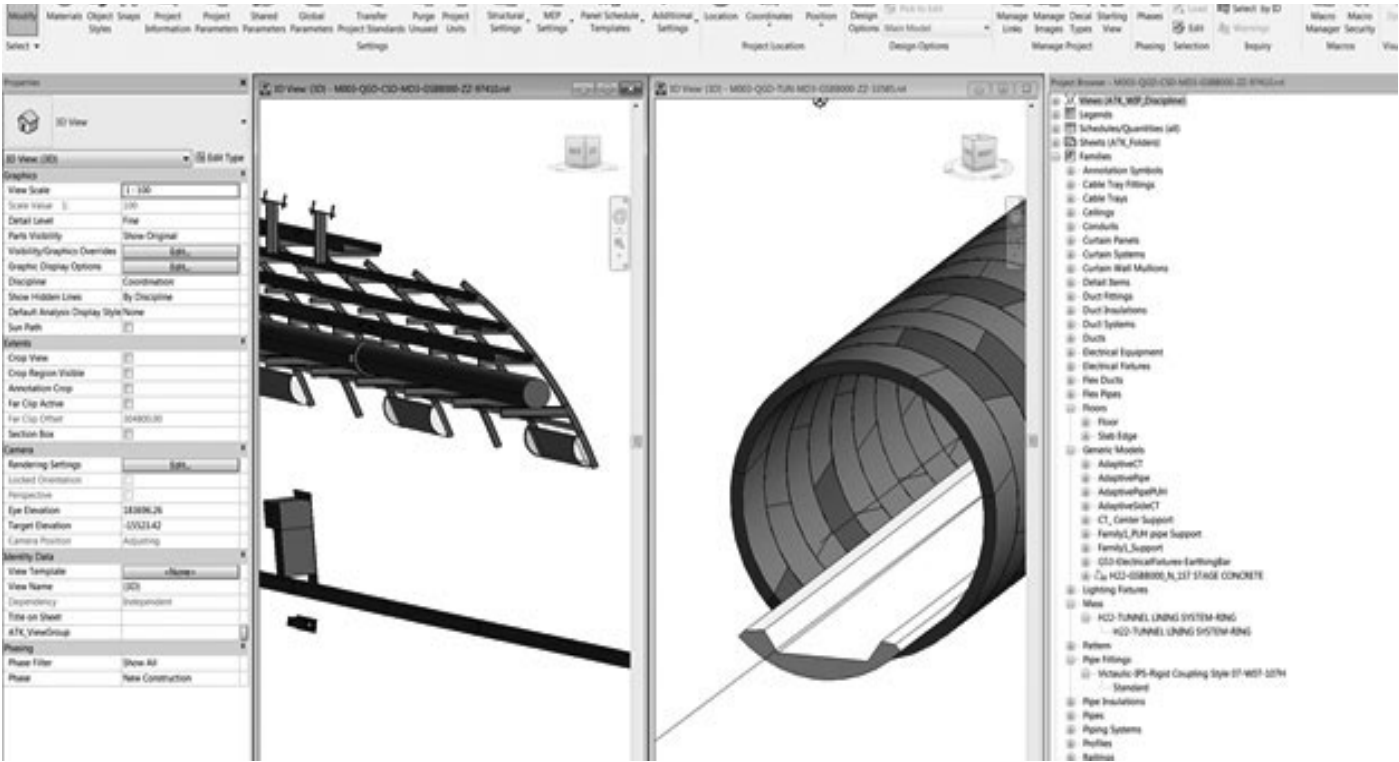
L'algoritmo di generazione delle soluzioni ha prodotto tutte le possibili combinazioni di accoppiamenti tra tubazioni di 3m e 6m, e tra le migliaia di soluzioni sono state scartate tutte quelle che producevano angoli locali superiori alla

sciplinare: matrice delle responsabilità, controlli di qualità sui modelli e procedure di consegna degli elaborati di as-built.

- Matrice dettagliata dei vari livelli di dettaglio informativo e geometri (LOD e LOI) per ogni fase progettuale.

Nel caso del progetto di Istanbul, le principali problematiche sono state legate alla non chiarezza degli utilizzi del BIM. Nella maggior parte dei casi si richiedeva un progetto in cui veniva incluso tutto e modellato tutto, anche se risultava evidente che alcune cose non risultavano sostanzialmente utili per gli scopi prefissati. Per questo motivo è fondamentale porsi il quesito sul “cosa ci si aspetta come requisito minimo informativo” e, di conseguenza, modellare solo quello che ha un senso modellare. Il BEP è un documento fondamentale per la buona riuscita di un progetto BIM e, in quanto tale, deve essere revisionato ogni volta che risulta necessario apportare delle modifiche nei processi. Nella complessità dello sviluppo di un progetto costruttivo, il documento può essere revisionato e implementato in varie fasi, soprattutto nell’ottica del rilascio delle informazioni per la gestione manutentiva che devono essere concordate in relazione alla piattaforma scelta dal cliente come FMS (Facility Management System).

3.17 Il Generative Design è stato utilizzato per calcolare le innumerevoli soluzioni ottimizzate in modo automatizzato.



Parlare di BIM come innovazione nel 2018 non dovrebbe avere più senso. Tuttavia la sensazione è ancora quella di maneggiare uno “strumento sconosciuto e molto pericoloso”, almeno in molti contesti e soprattutto nella progettazione di infrastrutture.

Il progetto della metropolitana di Istanbul con la sua completezza e con i numeri a disposizione è stata un’occasione unica e probabilmente irripetibile, per creare le basi culturali e tecniche di una vera e propria metodologia di progettazione InfraBIM che superasse il concetto di “innovativo” definendo uno standard base per numerosi altri progetti ferroviari e metropolitani.

Essere stati capaci, non senza difficoltà e momenti di crisi, di far lavorare insieme project manager, architetti, strutturisti ed impiantisti sullo stesso modello con regole, geometrie e responsabilità condivise ma ben articolate è stato forse il risultato più grande. Avere il progetto come un unico grande modello, fluido e in evoluzione continua, ma sempre disponibile e trasparente per tutti è stato un incentivo enorme per i **progettisti che si sono sentiti parte di un progetto integrato e non solo artigiani incaricati di una piccola specialità.**

È poi vero che questo progetto ha lasciato numerose procedure, tools ed esperienze molto preziose per il futuro: (i) il software “The Ring” per la progettazione integrata dei conci al BEP standard valido per qualsiasi metropolitana; (ii) la gestione “BIM” dei computi; e (iii) l’integrazione tra quasi tutti i software di progettazione architettonica-strutturale.

Il successo di questo progetto è senza dubbio il successo del team che vi ha lavorato, ma è anche la capacità di aver capito per tempo che era l’occasione giusta per applicare concretamente una procedura BIM dall’inizio, portandola con coraggio fino alla fine. Siamo sempre abituati a **vedere il futuro come uno spazio aperto alle sfide** più lungimiranti, tanto oggi quanto lo eravamo circa 6 anni fa quando il BIM applicato alle infrastrutture era quasi un miraggio. Oggi, purtroppo, per quanto la tecnologia sia molto sviluppata e pronta ad essere applicata per il settore edile, meno lo è per quanto concerne le infrastrutture e bisogna sempre pensare a “come risolvere il problema” che il software non è in grado di risolvere da solo. Questo fa sì che, in alcuni casi specifici, il lavoro richiesto al fine di raggiungere l’obiettivo è molto ingente e gli sforzi non giustificano ancora l’adozione del BIM per tali situazioni. In particolare, realizzare sezioni tipologiche di gallerie piuttosto che tavole di scavi di opere provvisoriale, sono processi che trovano ancora poca efficienza nell’utilizzo del BIM. Ciò non vuol dire che non si possano fare, semplicemente che le tecnologie attuali - forse poco supportate dalle competenze delle risorse che non sono tutte e totalmente *BIM oriented* – ancora non consentono la loro applicazione in ogni settore e mansione da svolgere. Per questo motivo, uno degli obiettivi futuri che ci stiamo prefissando e sul quale stiamo costantemente lavorando, è quello di **realizzare una vasta libreria di casi tipo**, oltre che dei **tools implementati internamente in C#**, che possano tornare utili al fine di accelerare anche quei processi che attualmente ci sembrano ostici e ci fanno, ancora oggi, dire “optiamo per il CAD”.

Conclusioni

Progetto per la metropolitana di Napoli

PAOLA FONTANELLI, PIERO PETRUCCO, GIOVANNI CAPRONI

I.CO.P. Spa

Il presente caso studio documenta l’implementazione del BIM per la costruzione della stazione Poggioreale della Linea 1 della Metropolitana di Napoli. La Linea 1 è attualmente in corso di ampliamento con un prolungamento collinare che coinvolge anche la tratta Centro Direzionale Stazione – Aeroporto Capodichino in corrispondenza dell’Emiciclo di Poggioreale, dove è stata prevista la realizzazione della nuova stazione.

Per il presente progetto il cliente non ha richiesto il BIM e, conseguentemente, non era stato creato un modello in fase di progettazione. Durante la fase di realizzazione della nuova stazione, il subappaltatore I.CO.P. Spa ha però deciso di gestire il progetto con l’approccio BIM al fine di garantire un monitoraggio continuo ed efficiente della qualità dell’opera realizzata e per favorire la trasparenza con il cliente. In particolare, il modello è stato creato e utilizzato con lo scopo di **gestire in maniera efficiente i dati di cantiere** ed è stato costantemente **aggiornato alla condizione as-built**.

Dal momento che la produzione del modello ha rappresentato un servizio aggiuntivo offerto da I.CO.P. al cliente, la modellazione effettuata è stata parziale e ha riguardato unicamente gli elementi strutturali a carico della suddetta azienda.

La realizzazione del modello BIM ha visto l’affiancamento di I.CO.P. Spa con la software house danese Optimise International Aps. Optimise International ha modellato gli elementi strutturali in Revit e ha **creato un portale web** per l’acquisizione dei dati di produzione, effettuata tramite la compilazione dei report della qualità studiati ad hoc da I.CO.P.. I dati così raccolti hanno permesso l’aggiornamento dei modelli alla condizione as-built in maniera semiautomatica durante il periodo di realizzazione dell’opera.

La stazione di Poggioreale della Linea 1 si compone di un corpo principale centrale articolato su due livelli interni completamente interrati al di sotto del piano stradale di Via Poggioreale.

Introduzione e descrizione del progetto

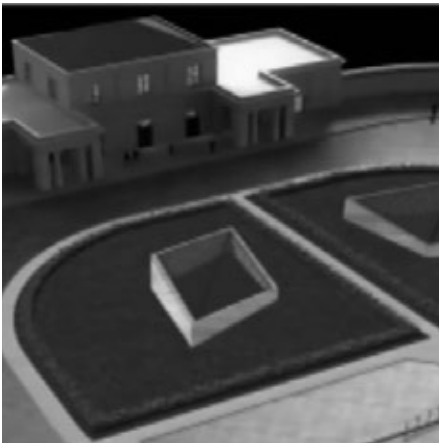
3.18 Vista dell’Emiciclo dall’alto.
Fonte: Google Earth 2017)



3.19 Vista dell’Emiciclo prima dell’inizio dei lavori.
(Fonte: Google Earth 2017)



3.20 - 3.21 - 3.22 Rendering descrittivi dell’ipotesi progettuale.



L’intervento è inserito in un contesto di rivalutazione della zona in quanto prevedrà l’apertura al transito delle aree pedonali adiacenti del porticato preesistente e il recupero del fabbricato del vecchio Dazio, attualmente in stato di abbandono. In fase di progettazione la stazione, disegnata dall’architetto Michele Botta, ha subito alcune modifiche quali il numero di lucernari situati nell’Emiciclo; tali variazioni tuttavia non hanno influito sulle strutture interraste realizzate da I.CO.P.

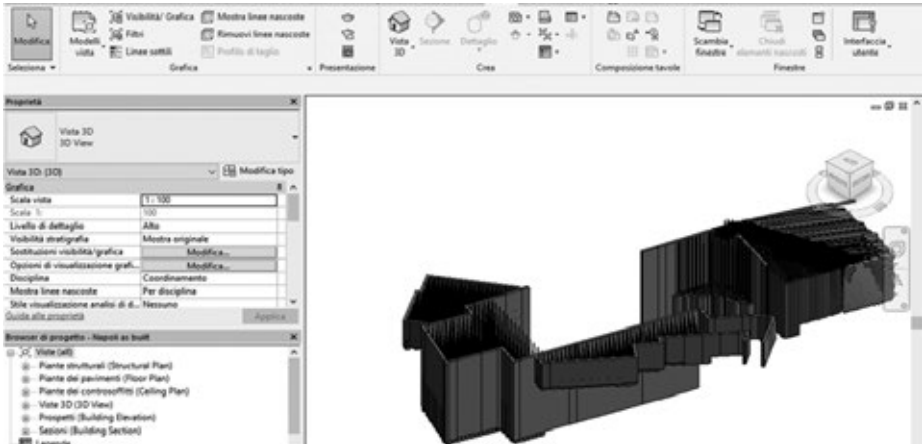
La struttura ha una pianta pressoché rettangolare e taglierà in diagonale l’intera piazza, seguendo l’adiacente tracciato ferroviario. Come si evince dai disegni, la stazione è dotata di due accessi sui lati Est e Ovest, costituiti da due corpi laterali a livello unico. Il corpo principale è stato realizzato all’interno di un pozzo, avente in pianta la stessa forma, delimitato sul contorno da una paratia di diaframmi opportunamente tirantati. Inoltre, al fine di garantire l’impermeabilità del pozzo e consolidare i terreni che ospiteranno le strutture della stazione e l’arrivo delle gallerie di linea, è stato realizzato un trattamento di jet-grouting dello spessore di circa 4 metri e un ombrello di iniezioni a bassa pressione. In particolare, nell’estate 2017 si è conclusa la fase di esecuzione dei diaframmi della profondità di 27 metri. Successivamente è stato realizzato il tamponamento di fondo tra le paratie di stazione con perforazioni verticali fino a 36 metri eseguite in un’unica battuta con sistema bifluide per l’ottenimento di colonne con diametro pari a 1.800 millimetri. Sono stati inoltre portati a termine gli interventi all’estremità della stazione verso Capodichino, area in corrispondenza della quale è previsto lo scavo in tradizionale della galleria che passerà sotto il Cimitero Monumentale, principale cimitero di Napoli. Il trattamento di questa estesa area sotterranea, non accessibile con metodi tradizionali di perforazione verticale, è stato effettuato con perforazioni inclinate a ventaglio di lunghezza fino a 34 metri con sistema bifluide per ottenere colonne in Jet – grouting del diametro di 1.200 mm. Il completamento del lavoro è programmato per agosto 2018.

DATI PRINCIPALI DI PROGETTO			
Committente	C.M.V. S.c.a.r.l.	Importo	€ 5.700.000,00
Subappaltatore	I.CO.P. Spa	Data di inizio	Febbraio 2016
Luogo	Napoli - Poggioreale	Data prevista di fine	Dicembre 2018
DATI TECNICI LAVORAZIONI			
DIAFRAMMI		JET GROUTING	
Dimensione media pianta stazione	30,00 ml x 96,00 ml	1 Diametro colonne tappo di fondo	Ø 1800 mm
Profondità diaframmi	27,00 ml	Lunghezza iniettata	14.100 ml
Spessore diaframmi	0,80 ml	Lunghezza vuoto	45.000 ml
N° pannelli	104	2 Diametro colonne sotto cimitero	Ø 1200 mm
		Lunghezza iniettata	19.800 ml
		Lunghezza vuoto	17.500 ml

3.23 Esecuzione Jet inclinato. Consolidamento imbocco stazione.



3.24 Vista 3D del modello della stazione di Poggioreale realizzato con Revit 2016.



Utilizzo del BIM nella realizzazione dell’opera

La modellazione BIM per il cantiere di Poggioreale ha previsto la realizzazione del modello BIM con il software Revit 2016 di Autodesk in congiunzione con il web portale Kapio di Optimise Internation Aps, utilizzato per l’acquisizione e la gestione dei dati di produzione di cantiere.

Come anticipato in precedenza, la modellazione ha coinvolto unicamente gli elementi strutturali e geotecnici, in accordo con i disegni esecutivi forniti dai progettisti, escludendo le ulteriori opere previste dal progetto, per il quale non era stato espressamente richiesto un modello informativo dal Cliente.

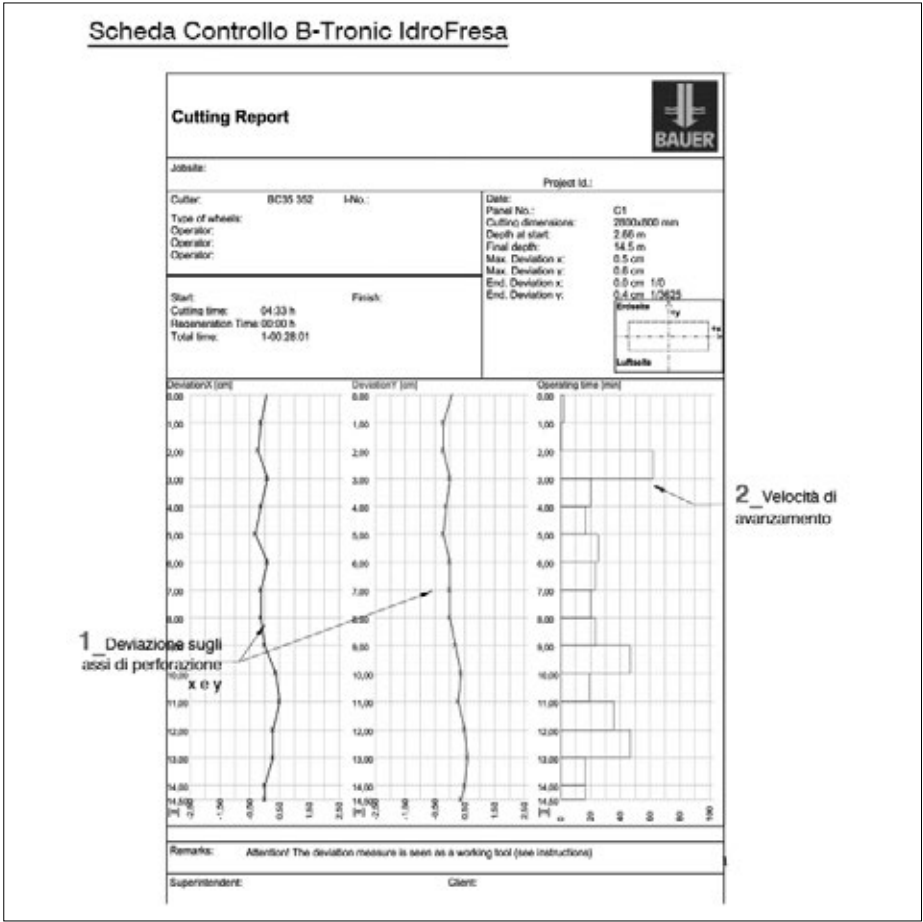
Nel modello Revit sono stati inserite:

- Le paratie di diaframmi in calcestruzzo armato delle discenderie e del pozzo in cui avrà sede il corpo principale della stazione.
- Le colonne di jet grouting, verticali e bifluidio che costituiscono il tappo di fondo della stazione e delle discenderie.
- Le colonne di consolidamento dell’imbocco della galleria, le quali hanno inclinazione variabile e sono state realizzate per lo più completamente in bifluido.

Il modello strutturale è stato realizzato ad un **LOD 400**, secondo la scala di livelli di sviluppo definita da AIA, prevedendo la modellazione di tutti i dati strutturali, le armature in dettaglio e l’aggiornamento di tali elementi in seguito alla realizzazione. Il modello così creato ha subito notevoli modifiche in corso di esecuzione dell’opera dovute sia a variazioni apportate dal cliente al progetto originale che a imprevisti riscontrati durante la costruzione (Figura 4).

Modellazione strutturale

3.25 Report di produzione idrofresa per diaframmi, B-Tronic – Bauer.



Il software Kapio rappresenta parte integrante e imprescindibile del sistema della gestione BIM di questo progetto in quanto rappresenta il link tra la modellazione basata sui dati teorici di progetto e l’aggiornamento di tali parametri per ottenere la condizione as-built.

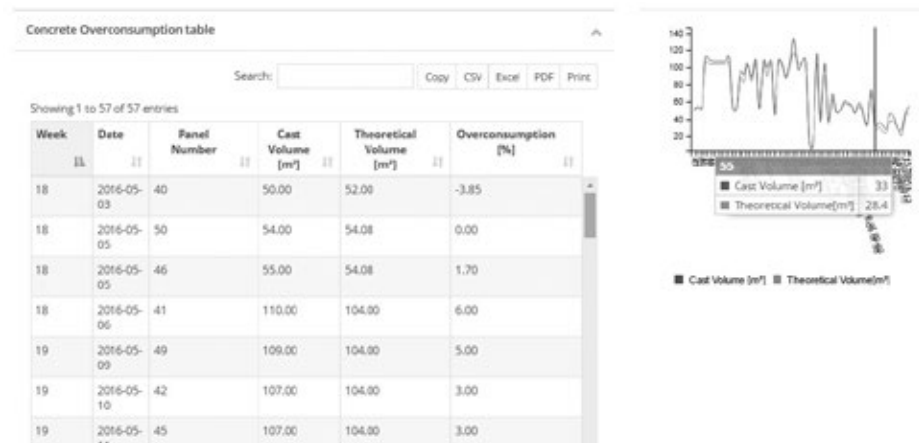
Per il progetto di realizzazione della Stazione di Poggioreale di Napoli, all’interno del portale Kapio è stato creato un progetto dedicato, suddiviso per lavorazioni: jet grouting e diaframmi. **Ogni lavorazione è associata univocamente ad un predefinito template di rapporto** della qualità contenente i dati significativi della produzione di ogni elemento ricadente in tale lavorazione. Questa struttura semplifica l’acquisizione dati per la creazione del modello as-built e richiede come unica accortezza che la numerazione e la nomenclatura degli elementi previste in fase di modellazione vengano mantenute in fase di compilazione delle schede di qualità. Essendo questa prassi già consolidata e imprescindibile per l’ottenimento di una **corrispondenza biunivoca tra elemento progettato ed elemento realizzato**, questa accortezza non ha richiesto nessuno sforzo ulteriore rispetto a quanto già effettuato nei cantieri convenzionali.

Acquisizione dati di produzione - Kapio

3.26 *S-curve* di getto dei diaframmi del pozzo della Stazione di Poggioreale.



3.27 Dati relativi al sovraconsumo di calcestruzzo in fase di realizzazione dei diaframmi e relativo grafico.



3.28 Sistema di visualizzazione 3D e simulazioni previsti all'interno della piattaforma online Kapiro.



Per il presente progetto è stato definito un admin principale che ha provveduto alla creazione dei template da compilare in cantiere ed è responsabile della supervisione dei dati inseriti. L'operatore in cantiere ha quindi unicamente il compito di compilare di volta in volta i campi predefiniti del template fornito, riducendo così i rischi legati alla perdita di informazioni e alla carenza di coordinamento.

Nell'ottica di raccogliere tutte le informazioni utili relative alla realizzazione degli elementi strutturali e di garantire trasparenza nei confronti del cliente, nella scheda di qualità si è inoltre previsto il caricamento dei file di output delle macchine di cantiere. In particolare, l'aggiunta dei report di produzione delle macchine per il jet grouting è stata effettuata in seguito all'esecuzione del campo prova ed è stata possibile grazie all'installazione di un dispositivo denominato Tigor di produzione della Jean Lutz.

Tale dispositivo viene disposto lungo l'asse delle aste di perforazione e permette di monitorare l'andamento spaziale delle colonne di jet grouting, registrando in maniera continua e in tempo reale parametri quali l'inclinazione e la deviazione di verticalità.

I sensori installati sulle macchine da jet grouting permettono inoltre di misurare dati relativi alla velocità di rotazione, la pressione, la portata e il volume di iniezione così da monitorare costantemente la produzione.

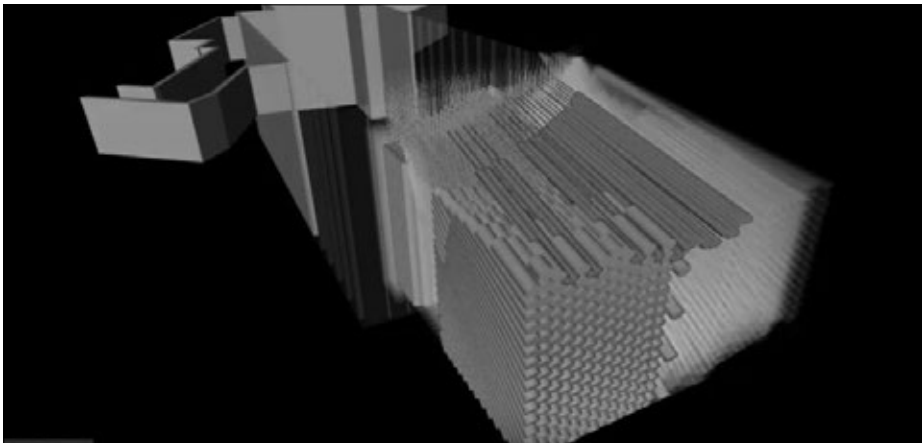
Analogamente, per la costruzione dei diaframmi i sensori dell'idrofresa rilevano parametri tra cui la deviazione sugli assi di perforazione e la velocità di avanzamento, permettendo così di poter dedurre la stratigrafia in base alla durezza delle rocce scavate.

I file così compilati vengono archiviati ed elaborati dagli sviluppatori della piattaforma Kapiro che creano delle curve di produzione delle lavorazioni sulla base dei dati inseriti nei report della qualità.

Nella pagina a fianco sono riportati dei grafici esemplificativi generati a partire dai rapporti della qualità. Il primo grafico riporta la *S-curve* di produzione dei diaframmi in cui vengono indicati i metri cubi di calcestruzzo gettati affiancati al volume previsto contrattualmente, fornendo così al cliente un metodo di verifica per lo stato di avanzamento del progetto. Il secondo grafico è invece relativo allo scostamento, rispetto al teorico, del consumo di calcestruzzo riscontrato durante la realizzazione dei diaframmi per il pozzo. Tale parametro è di fondamentale importanza per controllare la qualità dell'opera realizzata: scostamenti eccessivi possono essere infatti indicatori di problemi verificatisi in fase di scavo o di getto, legati a parziali cedimenti del terreno circostante il pannello.

La connessione tra Revit e Kapiro avviene sia in termini di importazione dei dati dal portale al software di modellazione, che di visualizzazione del modello sul portale stesso. È infatti possibile inserire il link del modello BIM 3D salvato in cloud e **visualizzare le lavorazioni sia in condizioni di progetto che as-built.**

3.29 - 3.30 - 3.31 Sistema di visualizzazione 3D e simulazioni previsti all'interno della piattaforma online Kapio del modello as-built.



inserire QR

inserire QR
Code al video

Come si può notare nelle figure nella pagina a fianco, per facilitare la comprensione dello stato di avanzamento del cantiere, è possibile visualizzare contemporaneamente il modello 3D di progetto e quello aggiornato alla condizione as-built, opportunamente rappresentato con due colorazioni differenti: gli elementi con caratteristiche di progetto in rosso e gli elementi aggiornati in base alle condizioni as-built in blu.

L'utilizzo del modello come tramite per facilitare la visualizzazione dell'opera è sicuramente uno dei vantaggi più ovvi ma al contempo anche più significativi. La virtualizzazione tridimensionale dell'opera permette tanto alle maestranze quanto al cliente di raggiungere un livello di comprensione adeguato molto più rapidamente e in maniera più efficace. Coscienti di questo, durante il progetto della Stazione di Poggioreale, il modello è stato reso disponibile alle squadre di cantiere ed è stato inviato al cliente in corrispondenza di *Milestone* predefinite.

È importante sottolineare che, come prevedibile, durante la realizzazione delle opere fondazionali previste da progetto, sono state apportate diverse modifiche agli elaborati progettuali dovute sia a richieste del cliente che a imprevisti riscontrati in fase di costruzione. In occasione di queste modifiche, la modellazione ha favorito l'individuazione preventiva e la risoluzione di errori contenuti nelle tavole di progetto e di interferenze tra elementi strutturali. Durante la creazione del modello informativo, ad esempio, è stata riscontrata un'incongruenza tra la rappresentazione in pianta delle colonne di consolidamento in corrispondenza dell'imbocco e la relativa sezione degli elaborati tradizionali. Senza l'ausilio della modellazione probabilmente tale errore non sarebbe stato individuato causando un posizionamento non perfetto della colonna, con errore non trascurabile.

La modellazione 3D ha inoltre permesso al cliente di rilevare la necessità di realizzare delle colonne di jet grouting più profonde rispetto a quanto inizialmente previsto, ossia con perforazioni a vuoto maggiori, per non causare interferenze con il vano ascensore previsto. La visualizzazione 3D della campagna di jet grouting ha sicuramente facilitato l'individuazione da parte del Cliente di questa interferenza che avrebbe potuto ritardare la realizzazione dell'opera e richiedere soluzioni alternative successive più onerose. In seguito a queste modifiche, il modello informativo è stato aggiornato prontamente e ha richiesto uno sforzo minimo da parte dei modellatori.

Nonostante alcuni possibili errori di costruzione siano stati previsti e aggirati grazie alla modellazione BIM dell'opera, è importante notare come la mancata integrazione delle informazioni derivanti dal rilievo dell'esistente e dei dati di progetto architettonici ed impiantistici non ha permesso di evitare di incorre in interferenze in fase di costruzione. Infatti, a causa del tracciato di una condotta

Vantaggi e limiti dell'impiego del BIM nella fase costruttiva

d’acqua non segnalato, è stato necessario rivedere la disposizione delle colonne di jet grouting in corrispondenza del consolidamento dell’imbocco in adiacenza del muro del cimitero di Poggioreale. La presenza di tale condotta non ha infatti permesso il corretto posizionamento della sonda per il consolidamento richiedendo la sostituzione delle colonne previste con una combinazione di colonne verticali e inclinate sostitutive.

La stazione della Linea 1 della Metropolitana di Napoli ha rappresentato il primo step di apprendimento dell’utilizzo del BIM per il subappaltatore. Alla luce degli ottimi risultati ottenuti nel monitoraggio della qualità durante la fase di costruzione, l’azienda I.CO.P. Spa ha deciso di replicare l’approccio utilizzato per le commesse più rilevanti e di formare l’ufficio tecnico interno per poter ottenere pieno controllo della modellazione. **Il BIM così strutturato è stato utilizzato per altri progetti infrastrutturali** quali la Piattaforma Logistica di Trieste ed il progetto di Microtunnel di Torre del Marzocco a Livorno, la cui modellazione con Tekla di Trimble è stata curata interamente dall’ufficio tecnico di I.CO.P.. Per questi progetti, al fine di agevolare la creazione del modello as-built, sono state **sviluppate delle macro** che, prendendo i dati di produzione raccolti nel Kapiro, aggiornano in maniera semi automatica gli elementi strutturali del modello.

In futuro I.CO.P. Spa prevede inoltre di raggiungere una evoluzione ulteriore connettendo il modello ai software per la generazione dei computi metrici. Attualmente infatti l’azienda utilizza il software Vision CPM di STR per la produzione dei computi come prassi standard ma non è ancora mai stata effettuata l’importazione di file .ifc nel suddetto software per la generazione automatica dei computi.

Implementazione prevista e di sicuro interesse è rappresentata dall’aggiunta di un **campo attributo** per ogni elemento, che contenga il **link al rapporto della qualità di cantiere**. Questa soluzione permette così di “archiviare” nel modello BIM tutti i dati di produzione e di accettazione, anche non strettamente modellabili.

Infine, per quanto riguarda i problemi legati alle interferenze con infrastrutture preesistenti ed impianti ed opere architettoniche di nuova realizzazione, le difficoltà riscontrate durante la realizzazione di questo progetto hanno evidenziato sempre più la necessità di Condivisione delle informazioni generate dalle diverse figure coinvolte nel settore AEC (Architettura, Engineering and Construction). Il subappaltatore si prefigge quindi l’obiettivo di inserire nel modello anche elementi architettonici e impiantistici con LOD (Level Of Development) 200, laddove le altre società coinvolte nel progetto non prevedano l’utilizzo del BIM. Si è stimato infatti che il tempo investito per la modellazione rappresenti comunque un costo inferiore rispetto alla modifica del progetto in fase di costruzione dell’opera.

Si ritiene che grazie alla modellazione e all’utilizzo di software per la qualità avanzati, l’obiettivo prefisso di **monitoraggio della qualità e di trasparenza con il cliente** sia stato ampiamente raggiunto. La modellazione BIM ha inoltre facilitato la comprensione del progetto da parte dell’appaltatore e delle maestranze in cantiere riducendo così il rischio di interpretazione errata dei dettagli costruttivi.

Lo sforzo principale è stato indubbiamente nel passaggio da produzione di elaborati 2D da parte dell’ufficio tecnico a produzione di elaborati 3D svolti a quattro mani con la software house esterna. Spesso la duplice gestione ha portato alla modellazione con Revit degli elementi principali e alla produzione di disegni 2D (.dwg) per varianti in corso d’opera di dettagli costruttivi, prevalentemente a causa di tempistiche di sviluppo del modello non compatibili con le attività di cantiere. Lo scambio di informazioni tra i due poli, l’uno detentore del know-how costruttivo e l’altro del know-how di modellazione, in taluni casi rischiava infatti di comportare richieste di tempo eccessive. Come anticipato nel paragrafo precedente, questo ostacolo è stato superato dal subappaltatore nei progetti successivi facendosi carico anche della modellazione 3D.

È necessario inoltre sottolineare che **per progetti infrastrutturali-fondazionali**, allo stato dell’arte attuale, è **estremamente complesso trovare partner preparati per affrontare la modellazione BIM dei progetti**. Questo comporta spesso una creazione di modelli parziali e nei quali alcune discipline risultano assenti.

foto cantiere
completato?
fig 3.32

Progetto per la stazione ferroviaria Fermata Grosseto di Torino

CARLO BELTRAMI, STEFANO ARDINO

Lombardi Ingegneria S.r.l.

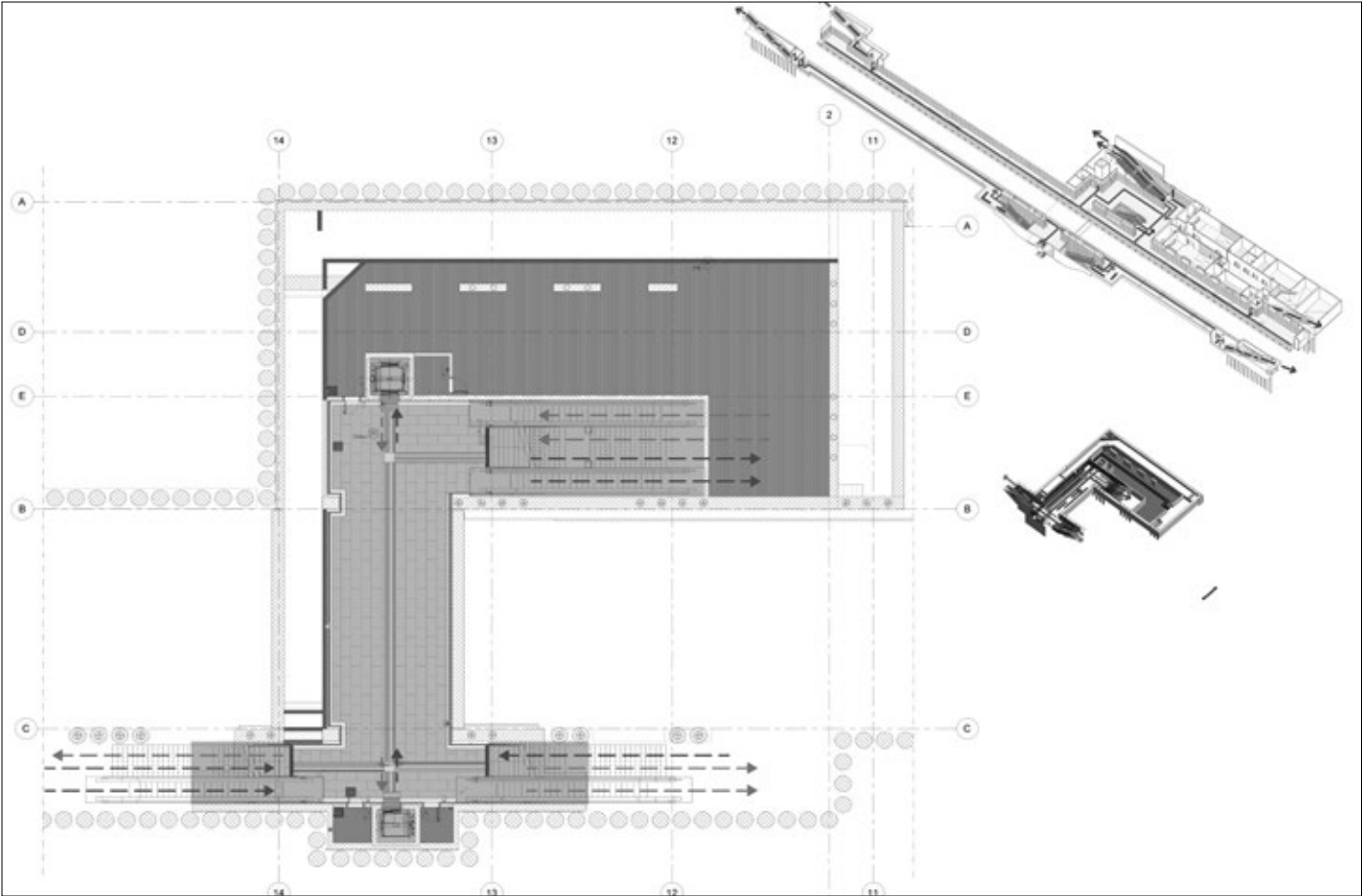
Il presente contributo testimonia l’esperienza della Lombardi Engineering nello sviluppo di un progetto infrastrutturale in ambito BIM. L’occasione per questa sperimentazione, che rappresenta il primo caso di applicazione della metodologia BIM portato avanti dall’azienda, è stata colta dalle società di ingegneria coinvolte per la realizzazione di un recente progetto in ambito urbano a Torino. Analizzando il progetto, si è deciso di focalizzarsi su parti dell’opera sostanzialmente indipendenti, ma legate ad una nuova infrastruttura ferroviaria in sotterraneo; inoltre la scelta è ricaduta su tali strutture per le caratteristiche di “indipendenza” spaziale e per la possibilità di affrontare il caso studio nell’ambito di diverse discipline (strutture, impianti, architettura). L’attenzione è stata quindi posta su due principali sviluppi del progetto: la nuova stazione ferroviaria interrata denominata “Fermata Grosseto” e la sovrastante piazza pubblica di accesso in superficie oggetto di riqualificazione urbanistica (denominata “Area mercatale”). La fase di progettazione in cui l’azienda è stata coinvolta non presentava le caratteristiche più adeguate per lo sviluppo ex novo di un progetto in BIM, in quanto le richieste prevedevano lo sviluppo di un Progetto Esecutivo sulla base di un Progetto Definitivo, posto a base gara, caratterizzato da elaborati CAD tradizionali. Questo aspetto ha comportato una prima fase molto complessa, in cui tutto il Progetto Definitivo è stato ripreso al fine di poterlo utilizzare come base di sviluppo per gli elaborati di dettaglio del Progetto Esecutivo.

Come illustrato in seguito, il gruppo di lavoro è stato gestito sui tre fronti specialistici, strutture, impianti e architettura, in modo pressoché parallelo grazie alla piattaforma dinamica di gestione del progetto. Il primo obiettivo è stato quindi **finalizzare la parte grafica del progetto**.

Introduzione

3.34 Inserire didascalia ???????

PROJECT REFERENCE INFORMATION	
Project Owner:	SCR Piemonte S.C.A.R. PIEMONTE S.p.A. Società di Capitalizzazione Regionale Piemontese Sede Sociale: 10121 Torino Via Cavour 101 - 10121 Torino (Torino) Tel. 011/51.40.40.1 - Fax 011/51.40.40.1
Project Name:	NODO FERROVIARIO DI TORINO COLLEGAMENTO DELLA LINEA TORINO-CERES CON LA RETE R.F.A. (PASSANTE FERROVIARIO LUNGO LA DIRETTORCE DI CORSO GROSSETO)
Contractor:	ATI Hünere SpA & Consorzio INTEGRA sc
Designers:	Lombardi Ingegneria Srl (Mandatari), Lombardi SA Ingegneri (Consulenti e SINA SpA (Mandatari))
Project Number:	CUP J11C08000010000 Operativa urbana 000012P012
Project Address:	TORINO
Project 10Description:	FERMATA GROSSETO Nuova stazione GTT in sotterraneo della ferrovia Torino-Ceres, collocata in corrispondenza di C.so Grosseto (incrocio via Lullù)
Project 20Description:	AREA MERCATALE Sistemazione superficiale di una piazza adibita a Mercato Comunitario, compreso tra C.so Grosseto/Via Lullù/Via Caluso



3.34 Inserire didascalia ??????

3.35 Elenco delle attività di coordinamento con i rispettivi obiettivi.

ATTIVITÀ	OBIETTIVO
Integrazione opere civili	Analisi dei collegamenti tra il modello delle opere civili e il modello architettonico e strutturale
Procedura per il coordinamento delle Clash Detection	Definizione del sistema di rilevazione delle interferenze e di analisi dei risultati
Computo metrico estimativo	Verifica delle quantità per la computazione analitica
Integrazione MEP	Analisi del modello all'interno del contesto Architettonico/Strutturale
Integrazione definizione standard	Determinazione della procedura per la assegnazione dei nomi agli oggetti e per le abbreviazioni

La struttura progettata in BIM è la Fermata Grosseto, un intervento che si inserisce nell’ambito del progetto per la realizzazione della nuova linea Torino-Ceres. Tale progetto consiste in una struttura sotterranea di circa 4,2 km che passa sotto la città di Torino e comprende la realizzazione di una nuova galleria ferroviaria a doppio binario, la fermata in questione e la ristrutturazione di una stazione esistente. La nuova stazione interrata ha lo scopo di garantire il collegamento tra il passante ferroviario di Torino recentemente messo in esercizio e la linea Torino-Ceres esistente.

Nello specifico l’intervento prevede il riposizionamento del mercato nella zona posteriore, secondo quanto previsto dal Settore Infrastrutture e Commercio della città di Torino, e la realizzazione di un nuovo parcheggio. Nella zona risultante dallo spostamento del mercato si colloca la nuova Fermata Grosseto. Nella nuova fermata, al piano interrato la sezione di galleria si allarga per ospitare le banchine per accedere ai treni.

L’accesso è unico ed è costituito da un gruppo scale, composto da una scala fissa affiancata da una scala mobile, e da un ascensore. Attraverso le comunicazioni verticali si raggiunge l’atrio collegato con la banchina del primo binario e tramite un’ulteriore scala, affiancata da due scale mobili, si raggiunge il piano inferiore, dove un cunicolo collega l’atrio alla banchina sul lato opposto, attraverso due gruppi scale, ciascuno costituito da scala più scala mobile, simmetrici. L’ascensore principale, con accesso dal piano terreno esterno, collega i tre livelli ed un secondo ascensore mette in comunicazione i due livelli interrati sul lato sud. Le uscite di sicurezza sono poste su entrambe le banchine sulle testate est ed ovest ed in superficie sono costituite da un modulo a forma semplice in vetro e metallo. L’uscita sul lato nord est consente l’accesso ai locali interrati, posti lateralmente all’atrio principale, in cui vengono collocati gli impianti tecnologici di servizio alla fermata ed alla linea, collocati lungo un corridoio longitudinale di servizio.

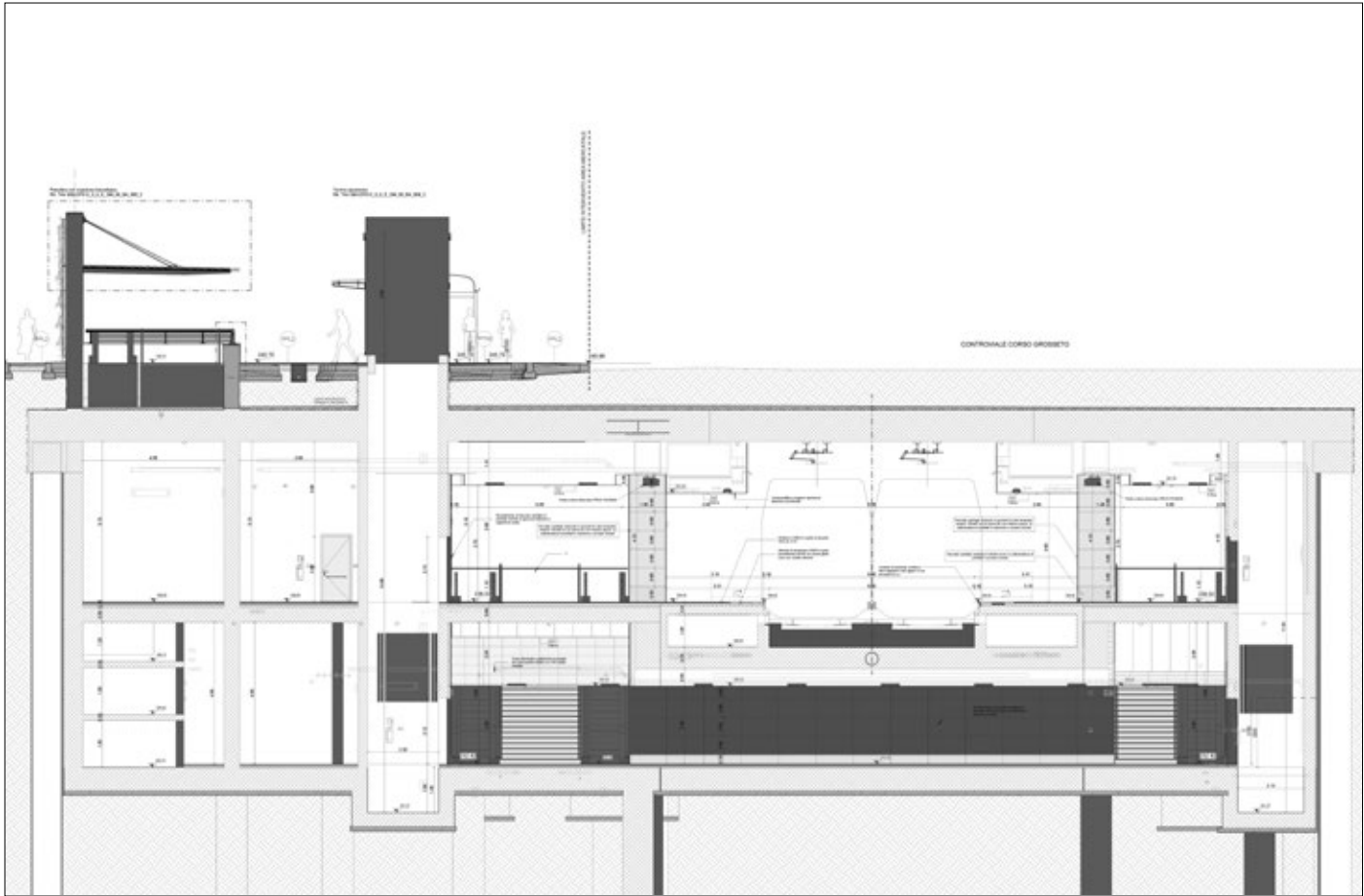
La scelta della metodologia BIM ha portato alla realizzazione del modello utilizzando il software di modellazione parametrica Autodesk Revit 2016 e la piattaforma di collaborazione Autodesk Revit Server.

L’ambiente di collaborazione scelto prevede una **condivisione del lavoro** basata su server con Autodesk Revit Server; questa piattaforma presenta una serie di vantaggi che semplificano la gestione dei modelli. Il punto focale di questa modalità di collaborazione è il **modello centrale**, che rappresenta il file di progetto principale per un progetto condiviso. Questo modello memorizza le informazioni di proprietà relative a tutti gli elementi del progetto; esso agisce inoltre come punto di distribuzione di tutte le modifiche pubblicate nel file. I membri del gruppo di lavoro lavorano su una copia locale del modello centrale e utilizzano il comando Sincronizza con centrale per caricare le modifiche effettuate localmente nel modello centrale.

Descrizione del progetto

La scelta del BIM

Modalità di collaborazione



3.36 Inserire didascalia ??????

3.37 Elenco dei modelli sviluppati.

DISCIPLINA	OGGETTO	SOFTWARE	NOME MODELLO	TIPO DI COLLABORAZIONE
Strutture	Fermata Grosseto	Autodesk Revit Structure	ST_AR_FermataGrosseto_Centrale	RVT server / RVT link
Architettura	Fermata Grosseto	Autodesk Revit Architecture	ST_AR_FermataGrosseto_Centrale	RVT server / RVT link
Impianti ventilazione	Fermata Grosseto	Autodesk Revit MEP	IV_FermataGrosseto_Centrale	RVT server / RVT link
Impianti civili	Fermata Grosseto	Autodesk Revit MEP	IV_FermataGrosseto_Centrale	RVT server / RVT link
Sistemazione architettonica	Accesso Fermata Grosseto	Allplan	AM_AR_Centrale	IFC
Arredo urbano	Piazza Mercatale	Allplan	AM_AR_Accessori_Centrale	IFC

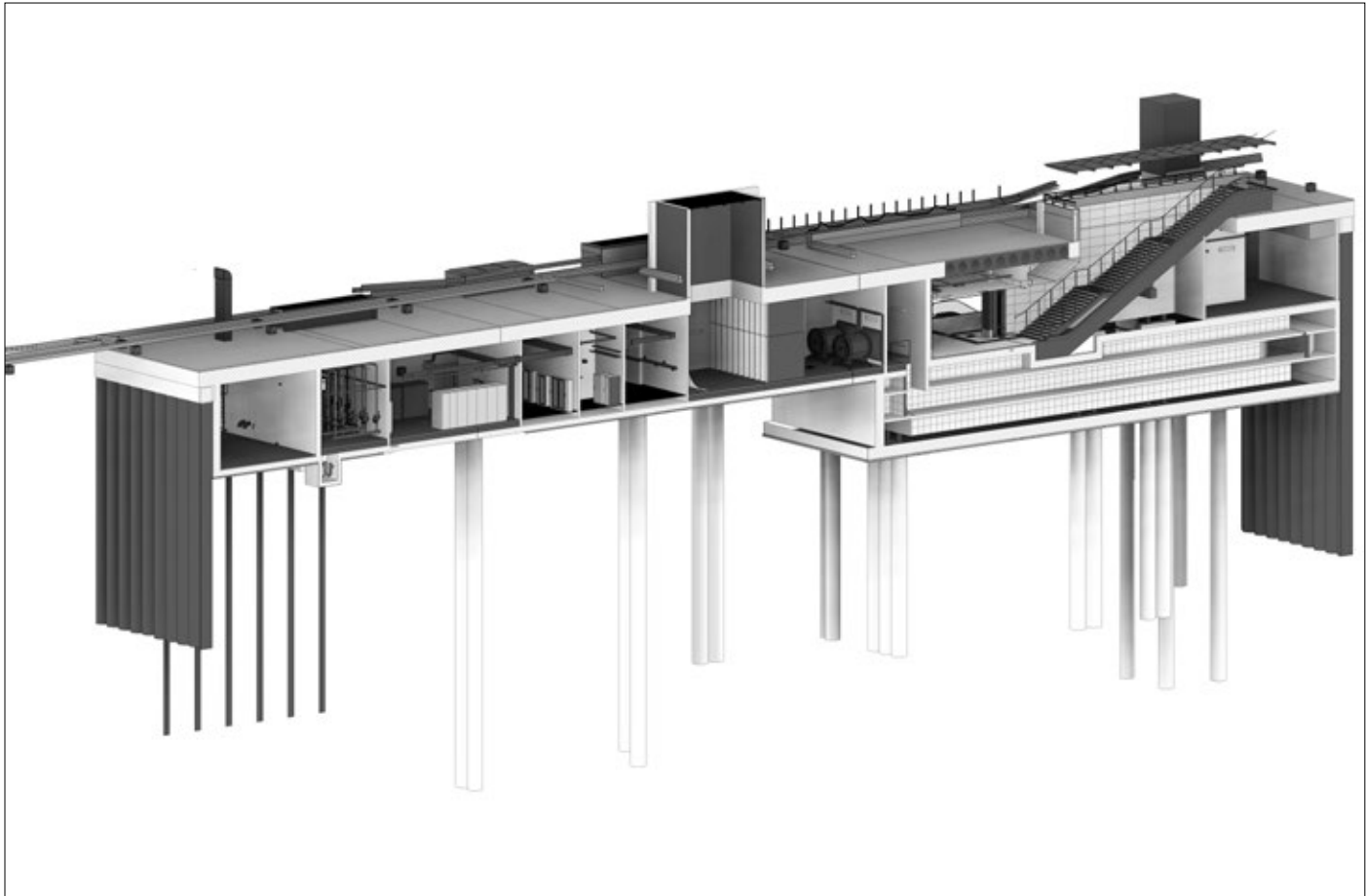
- I principali vantaggi dell’utilizzo della piattaforma precedentemente descritta possono essere riassunti nei seguenti punti:
- Possibilità di recepire un aggiornamento costante e immediato delle modifiche sugli oggetti appartenenti ad altre discipline.
 - Possibilità di un riscontro sommario immediato sul controllo interferenze.
 - Possibilità di avere più operatori che lavorano contemporaneamente sulla stessa disciplina (organizzando il lavoro in worksets).
 - Gestione immediata dei modelli tramite Revit Server Administrator, con il registro dei salvataggi.

Al fine di ridurre il più possibile le problematiche dovute al funzionamento di Revit Server è stato necessario **definire delle linee guida**, dando indicazioni sulla procedura di lavoro. In particolare sono stati definiti alcuni riferimenti: (i) i momenti in cui effettuare la sincronizzazione delle modifiche locali con il modello centrale, al fine di evitare sovrapposizioni; (i) la necessità di rivolgersi alla figura professionale di riferimento in caso di decisioni da concordare, ad esempio aggiornamento di software, modifica di famiglie o altro, affinché tutto il team e i server siano allineati; (i) i salvataggi di backup da prevedere con cadenza giornaliera. Tali predisposizioni sono state concordate per gestire al meglio il team di lavoro e rendere il flusso di lavoro il più fluido possibile.

- L’organizzazione del modello è stata pensata sin dall’inizio a partire dalla definizione delle impostazioni base del modello, tra cui:
- Sistema di coordinate (punto di riferimento georeferenziato per il progetto).
 - Standard Revit di sviluppo del progetto, riferiti agli aspetti strutturali-architettonici e ai livelli di definizione degli stili di rappresentazione degli oggetti.
 - Workset e ruoli da attribuire alle persone autorizzate alle modifiche sui modelli.
 - Definizione delle macro-fasi di Revit e dei workset.
 - Gestione dei parametri condivisi.
 - Nomenclatura di famiglie e oggetti.

La **modellazione architettonica** ha coinvolto sia la parte di progetto della stazione interrata, sia la sistemazione della piazza mercatale in superficie con i relativi accessi alla stazione. Mentre la Fermata Grosseto è stata realizzata con il software parametrico Autodesk Revit 2016, la sistemazione dell’Area Mercatale, così come gli accessi alla stazione, sono stati modellati utilizzando il software Nemetschek AllPlan 2015. Questa suddivisione della modellazione ha necessariamente comportato il collegamento su Revit tramite formato .ifc del modello creato con Allplan; inoltre è stato collegato il modello strutturale attraverso Autodesk Revit Server. Gli elementi edilizi sono stati creati utilizzando le Famiglie, di sistema e caricabili, predefinite di Revit, e sono stati definiti nuovi

Modellazione strutturale, architettonica e impiantistica



3.38 Inserire didascalia ??????

3.39 Elenco dei modelli sviluppati.

MODEL	TYPE	SOFTWARE NAME	VERSIONS	FILE EXTENSIONS
Document Management System for Revit	Storage	Autodesk Revit Server	2015	n. a.
Architectural and Civil	3D Models	Autodesk Revit Architecture	2015	RVT
Structures	3D Models	Autodesk Revit Structure	2015	RVT
Mechanical, HVAC, Electrical, Plumbing	3D Models	Autodesk Revit MEP	2015	RVT
Viewers/ Exchange	3D Models	Autodesk Navisworks	2014	NWD
Drawing sheets, Details,	2D CAD Drawings	Autodesk AutoCAD	2014	DWG
Civil works	3D models	Autodesk Civil 3D *	2015	DWG *
Architectural and Civil	3D models	Allplan	2015	IFC

Tipi a seconda delle necessità;. Tali elementi sono stati caratterizzati ponendo l’attenzione sui seguenti parametri obbligatori: tipo, materiale, ID e dimensione. Infine, è stato utilizzato il metodo di progettazione bidimensionale per integrare il modello BIM in caso di necessità, come dettagli costruttivi complessi.

Il **modello strutturale** contiene tutte le strutture in calcestruzzo, acciaio portanti, così come le strutture in cemento-non portanti. Gli elementi di base utilizzati sono pareti, solai, travi, colonne. Gli elementi di costruzione sono stati creati utilizzando le categorie corrette (strumento Muro, Solaio, ecc.). Nel caso in cui le caratteristiche delle categorie di strumento di Revit non fossero sufficienti per modellare l’elemento, gli elementi costruttivi richiesti sono stati creati con altre categorie. Il dettaglio delle armature è stato gestito attraverso la procedura stabilita in accordo con la figura di riferimento per la modellazione e solo quando concesso si è potuto procedere alla creazione di dettagli di armatura bidimensionali.

Nel **modello impiantistico** sono stati inseriti i seguenti elementi, appartenenti a sistemi diversi: condotti, tubazioni, apparecchi terminali, quadri elettrici, dispositivi, componenti Illuminazione, canaline elettriche, tubazioni corrugate, cavidotti.

L’interoperabilità, intesa come scambio di dati tra applicazioni software, e quindi tra i diversi attori del processo, può essere suddivisa in **orizzontale e verticale**. Nel primo caso identifica la possibilità di trasmettere dati tra piattaforme software che affrontano gli stessi temi ma appartenenti a produttori diversi; nel secondo caso, invece, l’interoperabilità è più complessa e si riferisce alla condivisione di dati tra piattaforme software complementari tra loro, che pertanto integrano diverse competenze tramite un approccio interdisciplinare. In questo caso l’interoperabilità affrontata è di tipo orizzontale, in quanto riferita alla modellazione utilizzando software di due diverse software house, Autodesk e Nemetscheck.

Vista la composizione articolata dei responsabili delle varie discipline, e la loro dislocazione in sedi distanti tra loro, si è deciso di utilizzare il pacchetto software Autodesk, sfruttando le potenzialità di Revit Server, per le parti inerenti alla fermata nello specifico, a cui collegare dei file nativi di Allplan per gestire meglio la sistemazione architettonica della piazza Mercatale, localizzata in superficie rispetto alla fermata stessa.

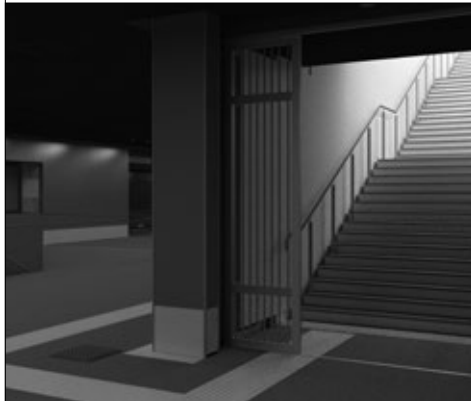
Si sono così suddivise le discipline relative alla fermata in **due modelli centrali**, collegati tra loro tramite **link**, nello specifico uno per la parte impiantistica ed uno per quello che riguarda le strutture e l’architettura dell’opera. La sistemazione superficiale della piazza compresa di arredo urbano, è stata sviluppata in Allplan, e collegata ai modelli Revit, tramite IFC.

Interoperabilità

rivedere questo testo soprattutto nella parte fianle

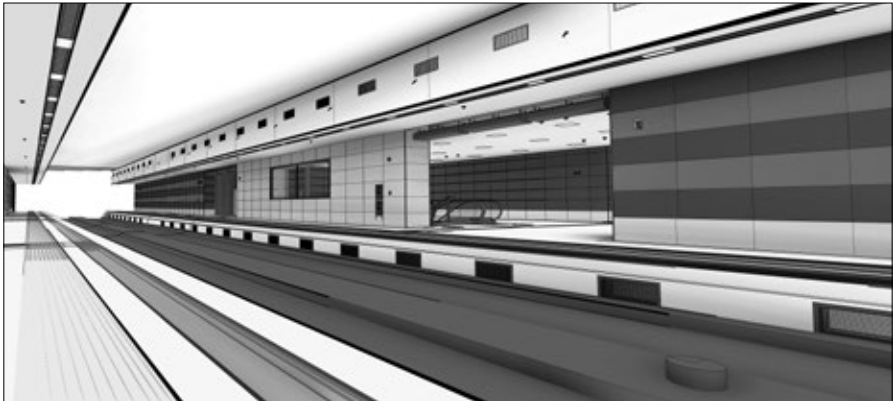
3.40 inserire didascalia ??????

3.41 insrire didascalia ???????



L'utilizzo del **modello come database** dei dati di progetto rappresenta uno dei vantaggi più importanti, così come la possibilità di sviluppare un lavoro di collaborazione ad alto livello. Un altro punto di forza della metodologia BIM è inoltre la possibilità di visualizzare l'opera nelle sue caratteristiche grafiche e alfanumeriche contemporaneamente. Inoltre, la visualizzazione tridimensionale e la possibilità di creare animazioni permettono una percezione immediata della realizzazione del progetto anche ai "non addetti ai lavori", dando maggiore concretezza rispetto agli elaborati grafici tradizionali. Tale visualizzazione è ancora più importante poiché non è fine a se stessa, ma può adattarsi a diverse declinazioni del progetto, tra cui ad esempio la simulazione di tempi e costi di realizzazione dell'opera.

Durante la fase di progettazione, modellazione e redazione di elaborati grafici, si sono presentate diverse problematiche, dovute soprattutto al fatto che il caso studio presentato è stato il primo approccio alla metodologia BIM, configurandosi pertanto come una sfida per l'intero gruppo di lavoro. La scelta di utilizzare una piattaforma di collaborazione ha avuto come risolto negativo la necessità di seguire una procedura di lavoro non sempre coincidente con le esigenze delle diverse discipline, come ad esempio nella **preparazione degli elaborati grafici**. Infatti, poiché il contratto prevedeva la consegna di file .dwg "stampabili" esportati dal modello, oltre agli elaborati in formato .pdf, per ottenere un buon risultato è stata necessaria una mole di lavoro non indifferente, anche con una post-produzione in ambiente CAD 2D. Inoltre, gli standard dettati dal progetto o dal capitolato hanno reso complessa la gestione del Browser di progetto all'interno di Revit. Per quanto riguarda la preparazione delle viste, una grande difficoltà è stata riscontrata nella predisposizione e gestione delle note e delle quotature, in particolare in caso di elementi complessi con lati non ortogonali tra loro. Infine, un altro aspetto di grande criticità ha riguardato la creazione delle armature, a causa della loro pesantezza, che grava sulle dimensioni del file di progetto, e della difficoltà in elementi complessi con lati non ortogonali tra loro e forometrie diverse e infine a causa della macchinosa e lenta produzione di esplosi.



L'esperienza condotta dai progettisti nell'impiego della piattaforma BIM del progetto in oggetto ha avuto la duplice funzione di:

- Avviare all'interno delle proprie competenze di sviluppo CAD una nuova forma di sviluppo progettuale BIM.
- Raggiungere l'obiettivo di una consegna elaborati formalmente di tipo "tradizionale", tramite la gestione di tre discipline con il BIM, ovvero con la creazione di un modello unificato.

Le tipologie di interazioni del gruppo di lavoro sono emerse, fin dall'inizio, ben diverse e molto più coese ed efficaci rispetto ad una conduzione progettuale tradizionale. Le riunioni periodiche di progettazione sono state caratterizzate da efficaci interlocuzioni fra le diverse discipline andando a cogliere ogni irregolarità (anche dimensionale) o interferenza tipica della trasposizione fra la fase di Progetto Definitivo e la fase di Progetto Esecutivo.

Si può concludere quindi che l'utilizzo del BIM nel presente progetto ha confermato l'importante risultato di migliorare l'integrazione dei diversi settori progettuali, tipico dell'applicazione BIM al settore dell'edilizia. Sebbene alcuni aspetti della gestione dei dettagli, soprattutto delle armature delle strutture, e della necessità di dover fornire un file .dwg abbia costituito un indubbio problema (anche perché si trattava di una prima fase di sperimentazione), ulteriori esperienze condotte dai Progettisti su altri progetti con applicazione BIM, hanno consentito di migliorare tali criticità.

In conclusione, si ritiene opportuno segnalare che, ad oggi, tra i problemi rilevanti dell'applicazione BIM in Italia si registra:

- L'assenza di conoscenze e di regole dei clienti / stazioni appaltanti, per cui il processo BIM è governato dal "basso" e non da una volontà precisa della Committenza.
- L'assenza di un quadro chiaro di riferimento fra i contenuti LOD ed i contenuti che il Codice degli Appalti prescrive in una particolare fase progettuale (studio di fattibilità / progetto definitivo / progetto esecutivo / costruttivo d'officina).

Quest'ultimo aspetto è attualmente, a nostro avviso, il problema che ostacola maggiormente la concreta diffusione ed applicazione del BIM nel settore della progettazione in Italia.

Comunque, alla luce dei buoni risultati ottenuti l'azienda ha deciso di replicare l'approccio utilizzato in altri progetti. In futuro l'azienda prevede di formare un gruppo di lavoro che possa occuparsi della gestione della metodologia BIM in modo organizzato. Infatti, l'obiettivo che l'azienda si prefigge prevede l'applicazione della metodologia anche alle fasi di realizzazione dell'opera e lo sviluppo delle successive dimensioni del BIM, quali 4D e 5D, analizzando pertanto tempi e costi dell'opera.

Progetto per il raccordo viario nord-sud a San Cesario sul Panaro

AUTORI, ANDREA BENINCASA DI CARAVACIO

ICON Ingegneria Srl (ex So.Tec srl)

Nell'ambito della realizzazione di un nuovo raccordo viario nel comune di San Cesario sul Panaro, lo studio So.Tec.srl (oggi Icon Ingegneria srl) è stato incaricato di progettare un nuovo tratto stradale con la funzione di allontanare il traffico di attraversamento dal centro abitato. L'intervento previsto in progetto consta di un nuovo collegamento viario, suddiviso in tre tratti principali, collegati all'esistente mediante tre rotatorie. L'intervento comprende altresì la realizzazione di un cavalcavia sull'autostrada A1 Milano-Napoli e alcune opere minori tra cui un sottopasso ad uso ciclopeditone e un tombino scatolare sul canale Torbido.

La progettazione è stata eseguita seguendo una impostazione tradizionale e basata sull'utilizzo di comuni software CAD, ma il caso studio ha riguardato lo sviluppo, o per meglio dire la trasposizione, del suddetto progetto in ambiente BIM in una duplice prospettiva.

In primo luogo esso ha permesso alla Società di accostarsi a questo modo nuovo di fare progettazione e intraprendere così percorsi di crescita professionale anche attraverso l'impiego di applicativi e tecniche di modellazione mai impiegati prima. L'approccio al BIM, o meglio all'InfraBIM, "da neofiti" ha consentito di verificare quanto le funzionalità dei vari programmi e le potenzialità di utilizzo siano realmente e "agevolmente" fruibili anche da parte di utenti non esperti o che si affacciano al mondo del BIM per la prima volta. L'impiego di più applicativi ha altresì consentito di esprimere delle valutazioni connesse agli aspetti di interoperabilità.

Contestualmente a quanto sopra, il caso studio si è configurato come una occasione per fare "sperimentazione" in un settore ancora relativamente vergine sotto questo punto di vista. Questa attività, portata avanti in collaborazione con il Politecnico di Torino, ha riguardato lo sviluppo di un modello in ambiente InfraBIM finalizzato alla gestione e manutenzione dell'opera con particolare riferimento alla pavimentazione stradale. In una prospettiva orientata alla redazione di un "ModelloBIM di Gestione e Manutenzione dell'infrastruttura", lo

Approccio metodologico

studio si è proposto come obiettivo quello di implementare dei modelli da impiegarsi quale strumento di gestione dei dati di rilievo delle funzionalità, delle caratteristiche di qualità e dell'efficienza dell'opera.

Per la generazione dei modelli BIM a partire dal progetto esistente sono stati utilizzati i programmi di calcolo Autocad Civil 3D e Revit. La modellazione è avvenuta insieme all'utilizzo di specifici applicativi di due software di programmazione visiva: Subassembly Composer e Dynamo.

Visto il carattere sperimentale dell'approccio proposto in un settore, quello dell'InfraBIM, che richiede ancora molti investimenti in ricerca e sviluppo, il lavoro svolto assume una valenza essenzialmente metodologica.

Sebbene si sia perseguito l'obiettivo di rendere l'impianto procedurale indipendente dai software in uso, è doveroso comunque sottolineare che le scelte, nel complesso, sono state influenzate dagli strumenti a disposizione impiegati durante la modellazione.

Come già specificato, il progetto è stato inizilante redatto con un programma di progettazione stradale di tipo CAD; a partire dai dati geometrici esistenti, il modello BIM è stato successivamente generato in Civil 3D. Mediante l'applicativo Subassembly Composer è stata creata una sezione tipo, appositamente codificata ed utilizzata per agevolare la lettura delle coordinate del "corridoio" stradale. Una volta estratte, tali coordinate vengono salvate in un foglio di calcolo Excel ed utilizzate dall'applicativo Dynamo per creare dei solidi che rappresentino i singoli strati della pavimentazione. Questa operazione richiede l'utilizzo di Revit in tre fasi distinte. La prima per creare la sezione del singolo strato di pavimentazione, la seconda per creare una "famiglia" di Revit contenente il tratto di strada costituito dal singolo pacchetto e la terza parte per importare tali famiglie in un "progetto".

Nel progetto viene dunque ricreata la pavimentazione nella sua interezza, costituita dalla piattaforma stradale georeferenziata e con i singoli strati sovrapposti, ognuno con le proprie caratteristiche. A questo punto è possibile scambiare il modello di Civil 3D e il modello della piattaforma stradale creata in Revit. Entrambi risulteranno posizionati correttamente poiché avranno le medesime coordinate, sebbene ciascuno di essi venga letto dall'altro programma come un riferimento esterno. Il modello della pavimentazione arricchito dei giusti parametri geometrici e prestazionali può essere utilizzato per effettuare una stima del decadimento funzionale della stessa con le conseguenti considerazioni sulla vita utile dell'opera, elementi base su cui poggia la redazione del Piano di Gestione e Manutenzione dell'infrastruttura.

Questo modo di operare è stato adottato per tutti e tre i tratti principali del progetto, modificando di volta in volta i dati di input. Di seguito viene descritto nel dettaglio il procedimento adottato per la modellazione dell'infrastruttura.

Per la replica del progetto stradale è stato utilizzato Autocad Civil 3D. Partendo dai dati di rilievo topografico del corridoio interessato dall'intervento, sito nell'alta pianura modenese, è stata ricostruita la superficie TIN (Triangulated Irregular Network), che si presenta altimetricamente piuttosto regolare in quanto l'area ha caratteristiche geomorfologiche tipiche della pianura alluvionale.

Una volta creata la superficie DTM (Digital Terrain Model), è stato importato l'asse stradale con le rispettive coordinate direttamente dal file .dwg del progetto esistente (disegno CAD). Essendo Civil 3D un'estensione di Autocad, in questa fase non sono state riscontrate particolari criticità.

L'asse stradale, che viene letto dal software come una polilinea priva di proprietà, è stato convertito in un tracciato planimetrico contenente tutti gli elementi geometrici con le proprie caratteristiche, incluse le quote, le lunghezze e i fattori di scala nel rispetto della normativa vigente.

Da questo punto in avanti, Civil 3D immagazzina tutte le informazioni finora utilizzate e quelle associate nelle fasi successive, creando così un modello informatizzato vero e proprio e non solo una rappresentazione grafica del progetto.

Mediante l'intersezione del tracciato con la superficie DTM, è stato poi generato il profilo altimetrico. Anche in questo caso l'asse altimetrico è stato importato dal progetto esistente: nel compiere tale operazione, le quote sono rimaste invariate (è risultato tuttavia necessario un cambio di scala della coordinata Y) e le caratteristiche geometriche sono state inserite successivamente così come per il profilo planimetrico.

Durante tutte le fasi progettuali, attraverso l'estensione "Country Kit Italia" disponibile per Civil 3D, che aggiunge al software un insieme di strumenti per adattare il progetto al contesto italiano, è possibile effettuare una verifica del tracciato ai sensi del D.M. 05/11/2001. In questo caso specifico, tuttavia, non è stato necessario effettuare alcun controllo dei parametri geometrici in quanto, essendo il progetto esistente in fase esecutiva, esso risultava già verificato in precedenza.

Il passaggio successivo è consistito nella composizione della "sezione tipo" mediante l'insieme degli strumenti messi a disposizione dal software. Sebbene la normativa italiana fornisca delle sezioni standardizzate in base alla categoria di strada, selezionabili all'interno del citato "Country Kit Italia", il software consente anche di scegliere altri componenti e assemblarli per comporre una nuova sezione secondo le specifiche esigenze imposte dal progetto.

Nell'eventualità che nessuno degli elementi presenti sia comunque soddisfacente, si possono altresì creare delle nuove sezioni parametriche mediante Subassembly Composer. Con tale applicativo, dall'interfaccia semplice, si imposta un diagramma di flusso che codifica le forme geometriche e i parametri da associare all'elemento che si vuole costruire. Ogni elemento presenta così codici punto, collegamento e forma, grazie ai quali è possibile inserire nel progetto gli elementi secondo necessità.

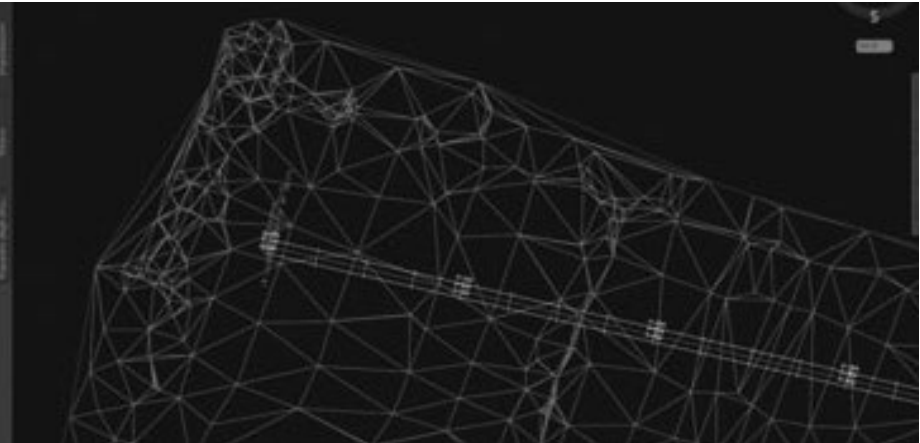
A questo punto, mediante la funzione "Modellatore", sono state assemblate

Generazione del modello 3D dell'infrastruttura

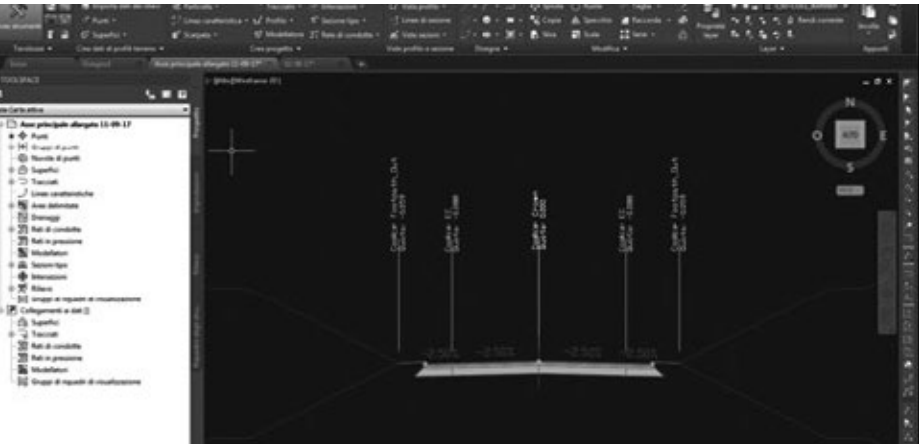
3.42 Planimetria di progetto del raccordo viario in San Cesario sul Panaro, redatta mediante il software CAD “Civil Design”.



3.43 Parte della superficie TIN e del tratto 1 del progetto stradale, generati mediante il software BIM “Civil 3D 2017”.



3.44 Sezione tipo asse principale del progetto stradale editata mediante la tavolozza degli strumenti disponibile all’interno del software BIM “Civil 3D 2017”.



tutte le proprietà degli assi, del profilo altimetrico e di quello planimetrico, in modo da creare un corridoio unico con tutti i dati assegnati al disegno. Il Modellatore immagazzina e rielabora tutte le informazioni raccolte e ogni qualvolta viene modificato un parametro degli step precedenti, esso necessita di essere ricreato in modo da aggiornare tutte le nuove informazioni. Tale operazione richiede, generalmente, poco tempo. Grazie alle informazioni relative al DTM e a tutti i parametri geometrici del progetto che il Modellatore elabora, vengono calcolati i volumi dei singoli strati della pavimentazione e quelli di sterro e riporto. Confrontando il computo metrico del progetto originale con la stima effettuata da Civil 3D, si è notato come i valori fossero molto prossimi tra di loro e da considerarsi dunque veritieri. Questo passaggio metodologico assume particolare rilevanza, in quanto era necessario verificare la capacità di corretta lettura del progetto nel suo insieme da parte del software. Associando un elenco prezzi alle voci di computo (in formato .csv e .xml) è possibile infine effettuare una stima del costo dell’opera. Durante l’utilizzo del programma sono sorte talune problematiche relative a svariati aspetti. Alcune possono essere agevolmente superate, mediante l’uso di elementi simili o comandi complementari, altre invece sono delle vere e proprie criticità del programma, che sicuramente dovranno essere superate in futuro. Innanzitutto, nonostante il flusso di lavoro sia molto simile a quello utilizzato in altri programmi di progettazione stradale (come ad esempio “PowerCivil for Italy” di Bentley o “Civil Design” di Digicorp), i passaggi da seguire non sono così intuitivi. Inoltre, l’interfaccia del programma è molto simile a quella di AutoCAD ma l’impostazione è totalmente differente: l’impostazione dei parametri non è immediata e ciò conduce sovente a risultati non ottimali. Nel caso in esame, ad esempio, la corretta modellazione è stata ottenuta solo dopo vari tentativi. Altre criticità sono emerse anche sotto il profilo delle verifiche normative, come detto implementabili tramite l’estensione “Country Kit Italia”, in particolare per ciò che riguarda la costruzione dei diagrammi di velocità e visibilità. Per quanto riguarda infine lo strumento di realizzazione delle intersezioni a raso, quali le rotatorie, Civil 3D si dimostra molto efficace se la geometria dei tracciati è relativamente semplice. Una volta introdotti i parametri di input generali (quali diametri interni ed esterni, velocità di progetto, larghezza delle banchine esterna e interna sormontabile) e specificati gli assi dei bracci, la rotatoria viene generata in automatico. Tuttavia, quando la configurazione risulta più complessa, la modellazione diviene poco precisa. Nel caso in esame, i bracci d’ingresso e di uscita di tutte e tre le rotatorie presentano tratti rettilinei e tratti con curve di diverso raggio e ciò ha determinato che uno dei bracci sia stato ignorato per l’incapacità del software di trovare una soluzione che combinasse le informazioni introdotte con i requisiti normativi. Quanto sopra descritto dimostra che, per come è stato impostato questo lavoro, Civil 3D non è ancora uno strumento sufficientemente dinamico nell’adattarsi al tracciato esistente.

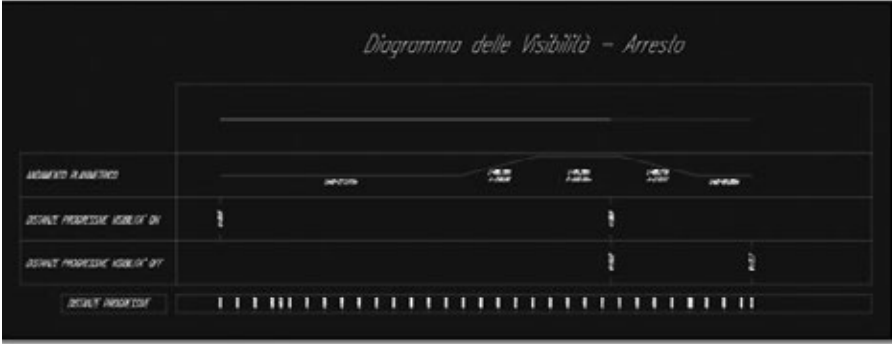
Modello BIM di gestione e manutenzione dell’infrastruttura

In conclusione, dunque, si può affermare che il software Civil 3D possiede tutte le potenzialità del caso per la modellazione BIM sebbene presenti ancora alcune lacune. Ne discende come non sia possibile, ad oggi, abbandonare del tutto la progettazione CAD nelle prime fasi, soprattutto quando si vuole raggiungere un livello di dettaglio e precisione molto elevato.

Riguardo al tema della modellazione BIM finalizzata alla gestione e manutenzione della pavimentazione stradale, bisogna prescindere dall’uso di Civil 3D, in quanto non è possibile con questo software attribuire proprietà compositive o altre caratteristiche prestazionali ai vari strati che compongono il pacchetto e ai relativi materiali costituenti. Il programma effettua la progettazione da un punto di vista puramente geometrico e ciò non è ovviamente sufficiente ai fini della redazione di un Piano di Gestione e Manutenzione dell’opera. L’attribuzione delle citate proprietà e caratteristiche è stata dunque implementata con l’ausilio di Revit. Prima di intraprendere tale attività, è stato però necessario affrontare il tema dell’**interoperabilità**. Sebbene, infatti, gli sviluppi del BIM prevedano l’impiego di un unico formato di scambio, universalmente riconosciuto nell’IFC (Industry Foundation Classes), dal punto di vista operativo questo non è ancora pienamente utilizzabile. Ciò comporta una difficile gestione dello scambio dei file a progettazione avviata in quanto il passaggio dal modello generato in Civil 3D a Revit si rivela operazione senz’altro non agevole. Nello specifico, i file .dwg di Civil 3D vengono letti in Revit come riferimenti esterni, per cui non è possibile apportare modifiche sui singoli elementi. Si è rivelato pertanto necessario modellare nuovamente la pavimentazione costruendo un impianto opportunamente congegnato in modo da poter “agire” sui singoli strati. Per effettuare questa operazione è stato utilizzato l’applicativo di programmazione assistita Dynamo, il cui funzionamento è basato sulla composizione di un diagramma di flusso mediante il quale vengono definite e fatte interagire differenti proprietà geometriche.

Nel caso in esame, estrapolate le coordinate dell’asse e delle banchine dal Modellatore di Civil 3D e salvate in formato .xls, tramite Dynamo è stato possibile ricreare il corridoio del tracciato. Dovendo adattare la sezione tipo al suddetto corridoio e non potendo utilizzare quella di Civil 3D, questa è stata generata in Revit associando ad essa diversi parametri geometrici, modificabili e adattabili alla larghezza del corridoio sulla base delle suddette coordinate. È stato infine originato un solido per ogni singolo strato (usura, binder, base e fondazione), salvando ciascuno di essi in una famiglia omonima la quale è stata caricata in Revit all’interno di un progetto di Tipo Architettonico in cui è stato anche inserito il solido stradale come riferimento esterno. Per questa operazione non è stato possibile utilizzare il solido stradale generato dal Modellatore di Civil 3D, in quanto in Revit l’area risultava essere “troppo estesa”. Probabilmente ciò è

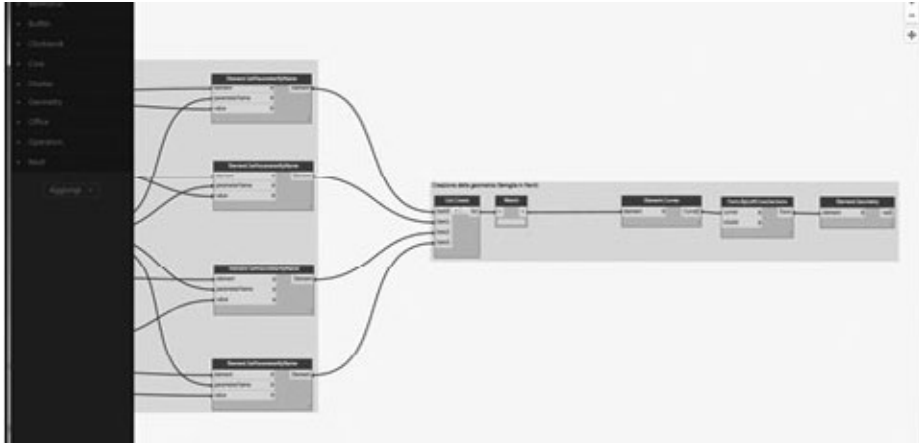
imputabile al fatto che il Modellatore porta con sé una quantità considerevole di informazioni che non è in grado di essere elaborata da Revit. Per ovviare a questo problema, è stato utilizzato il solido elaborato nel progetto originario. Il tutto è avvenuto ovviamente nel rispetto delle coordinate originali pur non essendo questa, è opportuno sottolineare, un’operazione banale. Ad ognuna delle famiglie sopra indicate è stato possibile attribuire quelle proprietà e caratteristiche funzionali alla valutazione dello stato della pavimentazione nonché alle analisi predittive finalizzate alla gestione e alla manutenzione programmata dell’opera. In particolare, si è scelto di assegnare ai singoli strati delle grandezze che avessero una doppia valenza. La prima legata alla geometria degli strati del pacchetto nonché alla natura e composizione dei materiali costituenti, quali gli spessori, il tipo di miscela, il legante impiegato con relativo dosaggio, la granulometria degli aggregati. La seconda legata a caratteristiche di tipo prestazionale, alcune relative alla sicurezza e al comfort di guida espressi in termini di aderenza e regolarità, altre relative alla durabilità dell’opera ed espresse in termini di capacità portante della sovrastruttura e di resistenza nei riguardi dei fenomeni di degrado strutturale. Va infine evidenziato come il corridoio della pavimentazione sia stato generato facendo traslare la sezione di riferimento con un certo passo scelto dall’utente. Visto il carattere puramente metodologico dello studio, è stato scelto un intervallo di dieci metri che ha permesso di avere una visione abbastanza dettagliata del pacchetto di pavimentazione con la possibilità di localizzare le eventuali modifiche intervenute in determinati punti. Si è giunti così a realizzare uno strumento dinamico, attraverso cui poter adattare il modello della pavimentazione sulla base di un piano di gestione e manutenzione dell’infrastruttura. A tal riguardo, infatti, è possibile modificare lo spessore di uno o più strati e la tipologia dei materiali messi in opera conseguenti, ad esempio, ad interventi di riqualificazione e ripristino di natura ordinaria o straordinaria, oppure ag-



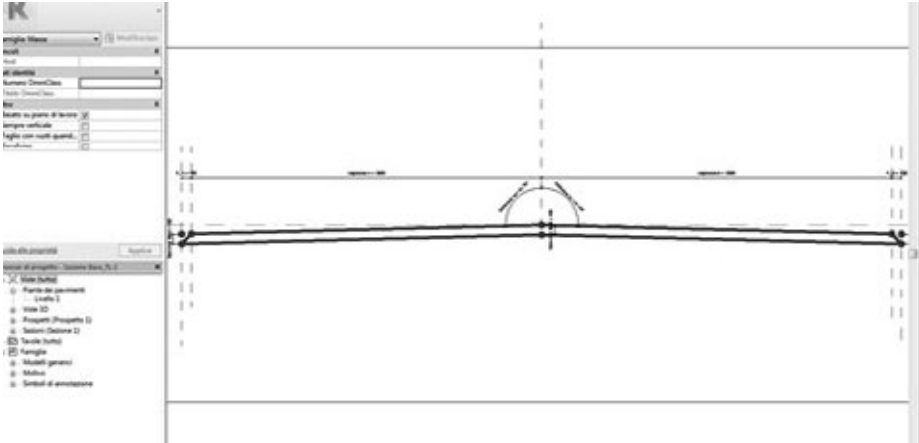
3.45 Diagramma delle Visibilità per l’arresto redatto dal software BIM “Civil 3D 2017”. Nella parte alta del diagramma si osserva come il software effettui una verifica di tipo “Vero/Falso” evidenziando in verde o rosso le aree dove è soddisfatta la verifica.

rivedere la figura????

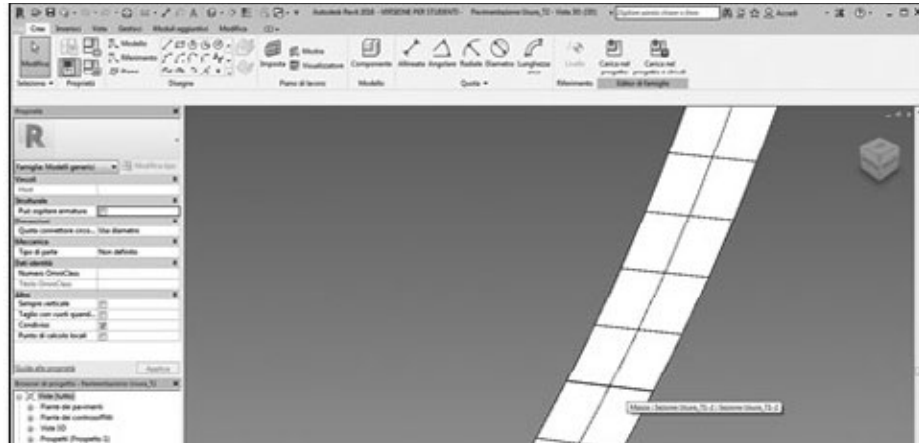
3.46 Esempio diagramma di flusso dell'applicativo "Dynamo".



3.47 Esempio sezione trasversale dello strato di Base della pavimentazione effettuato mediante il software BIM "Revit 2018".



3.48 Particolare della "Famiglia di Revit" Usura, discretizzata con passo 10 m.



giornare i parametri prestazionali a seguito di rilievi programmati sia di tipo strutturale sia di tipo funzionale. Mediante l'introduzione di "fasi" temporali, è altresì possibile conservare lo "storico" degli interventi sul modello, operazione utile ai fini predittivi.

Come previsto dal Codice degli Appalti, dal 1° gennaio 2019 sarà obbligatorio utilizzare il BIM nella progettazione delle opere pubbliche di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni di euro e dal 1° gennaio 2025 per tutte le nuove opere pubbliche. Ciò pone delle grosse sfide ai progettisti ed in particolare a quelli a vario titolo operanti nella progettazione infrastrutturale, settore che ad oggi risulta essere ancora parecchio indietro rispetto all'edilizia per quanto concerne l'uso di queste nuove metodologie.

Le prospettive di sviluppo forse più interessanti del cosiddetto InfraBIM riguardano gli aspetti legati alla redazione dei Piani di Gestione e Manutenzione dell'opera; in tale contesto il BIM può rivelarsi uno strumento potentissimo in grado di agevolare tutte le fasi del ciclo di vita dell'opera stessa che vanno dalla progettazione esecutiva (ove per sua natura si colloca la redazione dei suddetti Piani), alla cantierizzazione, fino all'esercizio vero e proprio.

Lo studio sopra brevemente descritto ha inteso fornire un contributo in tal senso, di natura squisitamente metodologica, mediante la predisposizione di un modello di gestione delle pavimentazioni stradali. L'impianto generale è stato impostato in modo tale da poter essere approfondito e implementato con varie modalità; in tale ottica, si è cercato di analizzare il problema nel modo più neutro possibile senza vincolarsi all'applicazione di uno specifico software o di una specifica procedura e per tale ragione la soluzione individuata per la modellazione e la gestione delle informazioni è da intendersi come una delle possibili soluzioni che il mondo BIM consente di realizzare. Con riferimento all'impianto metodologico proposto, l'obiettivo che si intende traguardare nell'immediato futuro consiste nell'integrare i modelli informatizzati con strumenti analitici previsionali in grado di tracciare gli andamenti evolutivi delle caratteristiche prestazionali nel tempo, da utilizzarsi in chiave predittiva. In altri termini, ciò che si vuole perseguire è quello di implementare un sistema in cui possano essere inseriti e aggiornati i dati relativi agli indicatori di stato affinché si possano prevedere e pianificare con anticipo gli interventi manutentivi e/o di ripristino delle condizioni strutturali e funzionali della pavimentazione.

In conclusione, l'auspicio è quello di poter accrescere sempre di più le conoscenze in ambiente InfraBIM, cercando così di sfruttare al meglio le potenzialità che il settore ha da offrire e di cogliere i benefici a breve e lungo termine di quello che rappresenta il futuro della progettazione, costruzione e gestione delle infrastrutture.

Considerazioni conclusive e sviluppi futuri

Progetto di un impianto idroelettrico a Castelmagno

ALBERTO ANDREA, AIMAR GABRIELE, BUSCHINI MATTEO, BUSSO MARTA, BARBERO MATTEO, BRES-
SI ENRICO, FINOCCHIARO LUCA, PASCHETTA IVO, TODARO RAFFAELE

LGA Engineering Srl

Il caso studio proposto riguarda la costruzione di un’infrastruttura a servizio della rete di trasporto energetico per pubblica utilità, nello specifico l’impianto Idroelettrico nel Comune di Castelmagno nella provincia di Cuneo. La LGA Engineering si è occupata della Progettazione, D.L. strutturale e del Coordinamento Strutture – Impianti. L’impianto prevede la derivazione di una portata massima complessiva di 600 l/s dal Torrente Grana in località Chiappi con restituzione nel medesimo corso d’acqua a quota 1090 m s.l.m. Il salto complessivo utilizzato dall’impianto, considerato il livello nella vasca di carico (1570,21 m s.l.m.) e la quota dell’asse della turbina (1098,71 m s.l.m.), è di 471,50 m. L’opera può essere definita come impianto idroelettrico ad acqua fluente, in quanto l’acqua viene prelevata dal Torrente Grana mediante un’opera di presa con capacità di accumulo irrilevante ai fini della regolazione. Lungo il tracciato, di circa 4 km (2 km in strada provinciale eseguita con catenaria) sono state previste diverse opere strutturali, a servizio della condotta, che hanno caratterizzato l’infrastruttura generale; nello specifico l’opera di presa, le selle o blocchi di ancoraggio, le camere con blocchi per valvole di sicurezza, il canalponte e l’edificio di centrale con annesso canale di scarico. L’opera di presa é costituita da traversa realizzata in c.a. su letto di massi ciclopici, completa l’opera la camera di carico, anch’essa realizzata in c.a. L’edificio della centrale è stato interessato dal consolidamento del fronte e del tornante provinciale, tramite opera geotecnica. A scavo avvenuto si é proceduto con la costituzione del blocco turbina con pareti in c.a., completa l’edificio la copertura il legno e il canale di scarico. Le selle o blocchi di ancoraggio, in totale 11, presenti sul tracciato, hanno lo scopo di reagire alle forze derivanti dalle condizioni di esercizio dell’impianto, ma anche alle condizioni di S.L. per forze accidentali, come il “Colpo di Ariete” derivante dal sezionamento improvviso della condotta, da parte delle valvole servomeccaniche, effettuato ai fini della sicurezza dell’impianto stesso. Le selle sono realizzate in c.a., opportunamente dimensionate con

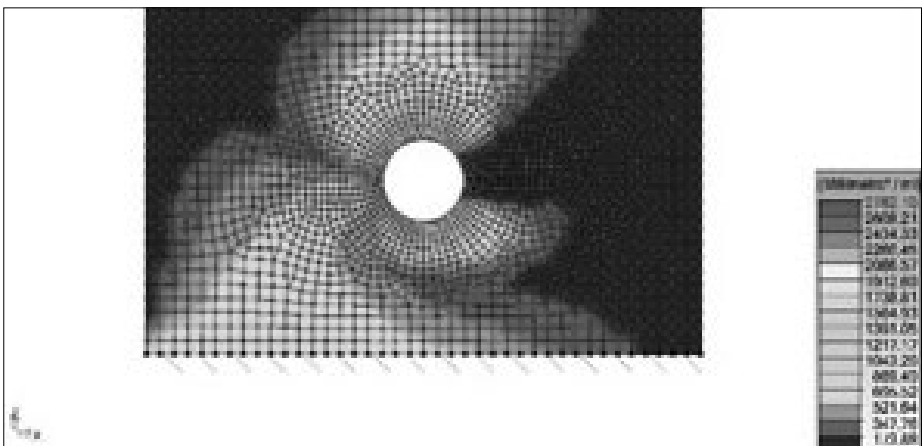
Descrizione del Caso studio

3.????? Individuazione tracciato e opere accessorie realizzate.



Stato dell’arte 2018: applicazioni del BIM a casi studio reali

- 3.???? Opera di presa.
- 3.???? Opera di centrale e consolidamento geotecnico.
- 3.???? Blocchi di ancoraggio analisi FEM (e fase di realizzazione????????).
- 3.???? Camera con valvola di sicurezza.
- 3.????? Canalponte in Progetto e nella fase di Varo (????).



armatura richiesta, al fine di contenere le dimensioni geometriche e il tunnelaggio delle armature, in fase di progettazione si e’ optato di integrare la resistenza a Taglio-Trazione dei blocchi con spinottature effettuate tramite barre tipo Dywidag, nella parte inferiore del blocco stesso. Lungo il tracciato sono presenti 3 valvole di sicurezza ad azionamento servo-meccanico, poste per la sicurezza dell’impianto. A corredo delle valvole sono realizzati i blocchi di ancoraggio con le relative camere di ispezione, per le successive manutenzioni. I blocchi sono stati dimensionati per contrastare le azioni derivanti da chiusura improvvisa dell’impianto. Il canalponte di sostegno alla condotta forzata, è un ponte a campata unica pari a circa 36 metri, realizzato con struttura reticolare tridimensionale costituita da profili commerciali HEA, IPE ed UPN. Gli appoggi alle estremità del canalponte sono realizzati da elementi monolitici in c.a., integrati nella parte inferiore a contatto con la roccia da barre tipo Dywidag, le deformazioni impresse dalla condotta stessa e dagli appoggi a “slitta” effettuati sulla campata. Ai fini estetici è stata prevista una mascheratura, effettuata da tavole in legno di castagno posizionate in modo verticale, in modo da lasciare libera deformazione al traliccio in fase di varo. Le verifiche strutturali, hanno interessato il ponte in muratura, utile al passaggio di una delle due autogru prevista per la fase di varo. La progettazione BIM ha integrato le scelte dei manovratori con i vari scenari possibili, data la stretta posizione per lo stazionamento. L’impianto é stato completato e messo in esercizio, a seguito delle normali procedure di collaudo tecnico – amministrativo che hanno avuto esito positivo.

La metodologia BIM applicata, al caso studio in esame, ha permesso l’ottenimento del risultato cercato lavorando nel dettaglio e supportando la committenza, sull’ottimizzazione dei tempi e sulla programmazione degli ordini dei materiali costituenti l’opera realizzata. Il processo BIM, all’interno della commessa, è stato impostato all’inizio dell’attività ed ha interessato l’evoluzione del processo, **dall’acquisizione dei dati dell’esistente** (tramite rilievo) fino a raggiungere **la definizione del “Normalino di officina”** da inviare alla **macchina a controllo numerico**. La progettazione suddivisa nelle varie discipline e tempistiche si è sviluppata analizzando i LOD nel suo contesto. Il modello tridimensionale è stato condiviso tramite piattaforma stabile con gli esperti degli impianti che si sono occupati del dimensionamento della condotta, del calcolo deformativo e dei disegni costruttivi della loro disciplina. **Le analisi strutturali** sono state affrontate nel modello considerando le verifiche globali generali, per poi definire nel dettaglio le tipologie di giunti e connessioni nelle verifiche locali. Il processo di lavoro è stato verificato e approvato tramite gestionale interno della LGA, che ha permesso la verifica incrociata delle interferenze. La procedura interna, utilizzata, ha permesso la verifica del-

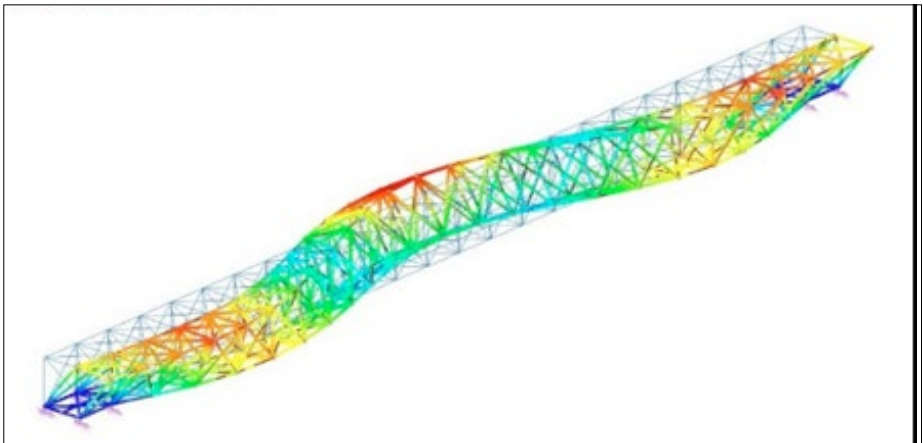
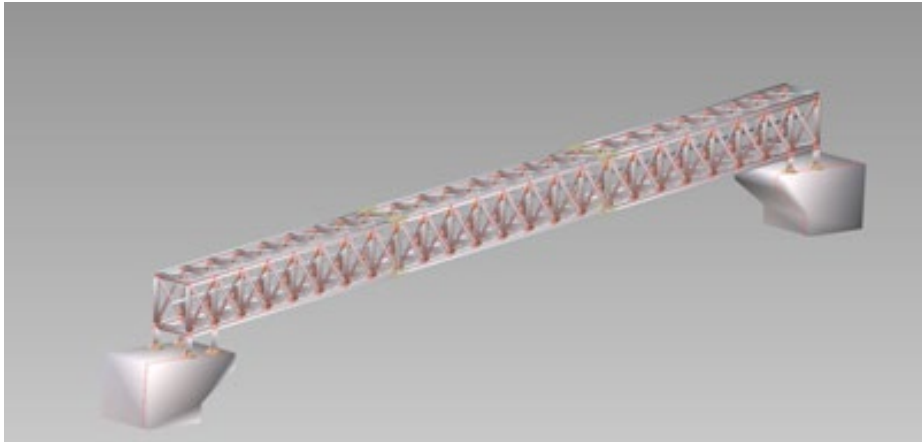


Metodologia BIM applicata

3.???? Giunto meccanico per assorbimento deformazioni assiali



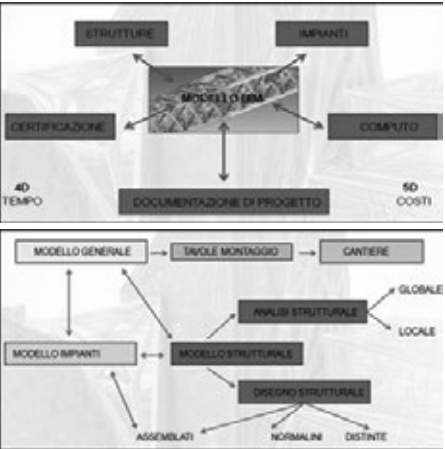
3.???? Modello BIM e prime analisi sismiche



le interferenze, già dalla prima stesura del progetto, utilizzando un LOD 100. La proposta del traliccio in carpenteria metallica, verte sulle sue caratteristiche meccaniche, infatti l'acciaio è resistente, leggero, estremamente flessibile, e garantisce un enorme risparmio sia in termini di energia, che di tempi di realizzazione e posa finale oltre alla capacità di assorbimento facilitato delle deformazioni, che nella natura del materiale si presta meglio rispetto a materiali offerti dal mercato civile. La tipologia di giunto e il suo posizionamento sono parte fondamentale, di una progettazione integrata Impianti – Strutture. La possibilità derivante dall'aver modellato l'intero tracciato ha pernesso il calcolo e la verifica degli elementi strutturali, scegliendo la soluzione ottimale, dal punto di vista del rendimento dell'impianto, valutato iterativamente su più scenari. I progettisti hanno avuto a disposizione un unico modello, su cui hanno potuto fare i ragionamenti sia di massima che in dettaglio, portando l'attenzione alle verifiche locali per entrambe le discipline.

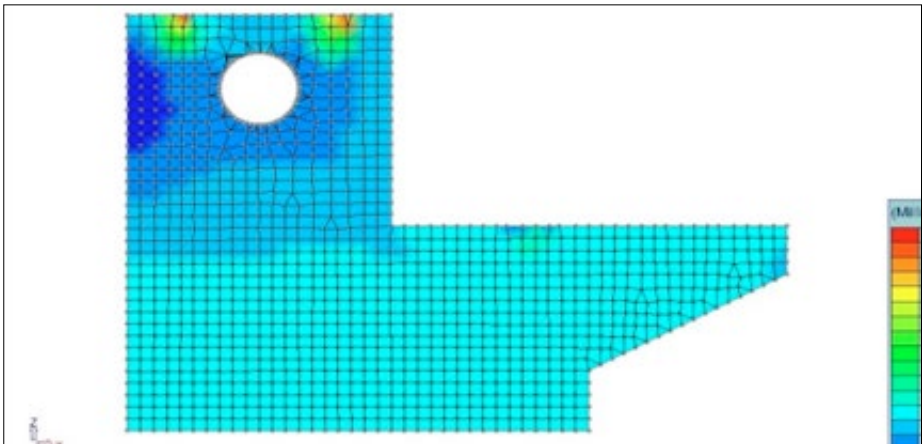
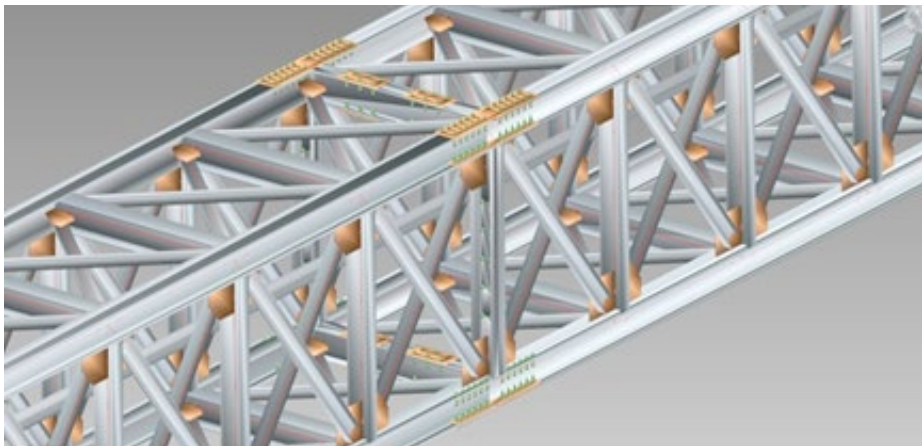
In prima analisi, sono state effettuate le verifiche globali, tenendo in conto l'effetto a favore della sicurezza della sezione resistente, mentre le analisi successive sulla base della richiesta della Committenza e della Provincia di Cuneo, hanno spostato l'attenzione. Sempre con l'utilizzo del medesimo modello, condiviso sulla piattaforma LGA, sono state effettuate le verifiche locali dei nodi e delle instabilità dei correnti compressi. Nel corso della progettazione, è stata richiesta la possibilità di rendere pedonale il ponte. Anche se questa richiesta non ha avuto seguito (è rimasto solo il rivestimento), è stata comunque gestita all'interno del modello. La metodologia BIM è stata utilizzata anche nel supporto alle verifiche imposte dalla Normativa in stabilimento durante la **fase di accettazione dei materiali** da parte della D.L. Strutturale, che con ausilio del modello, del coordinatore delle saldature e dell'ufficio qualità, ha potuto verificare, a seguito di indagine, le altezze di gola e le bisellature imposte dalla progettazione costruttiva di officina. A tal proposito si ricorda che la definizione delle classi di esecuzione si basa fondamentalmente su 3 fattori: classe di danno consequenziale, categoria di sollecitazione e categoria di fabbricazione. Nel dettaglio il canalponte ha richiesto una classe di esecuzione EXC3.

Nella parte operativa, la gestione del cantiere avviene attraverso la simulazione delle singole fasi di lavorazione. In questo modo la D.L. e la committenza possono essere sempre aggiornati sullo stato di avanzamento dei lavori, monitorando in tempo reale il progressivo sviluppo dell'opera. Attraverso il **cantiere "digitale"**, infatti, è possibile ottenere informazioni in modo automatico, ottenendo dati specifici sulle funzioni assegnate, sul personale coinvolto e sulla sicurezza. Il modello virtuale del cantiere permette inoltre di anticipare le criticità dell'opera, evitando *clash* temporali, sovrapposizioni e interferenze, al fine di garantire risultati ottimali in termini di sicurezza sul lavoro. Nel dettaglio, il modello BIM è stato utilizzato per la verifica in cantiere del corretto posizionamento delle armature e delle loro sovrapposizioni, l'individuazione delle quote di appoggio delle spalle, la fortatura per i tiranti e il controllo di accettazione della fornitura



3.???? Processo e Metodologia BIM applicata.
(deformate ... rifare????)

- 3.???? Dettaglio modello e controllo in Stabilimento
- 3.????? Modellazione FEM appoggio canal-ponte
- 3.???? Giunzioni bullonate.

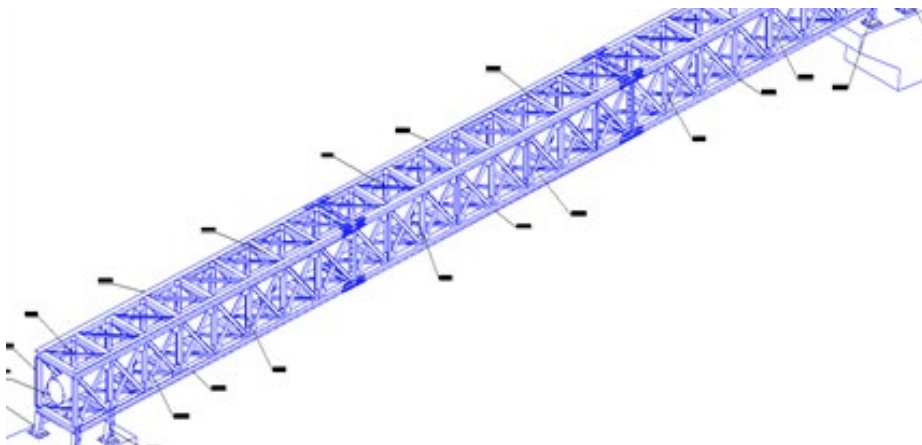
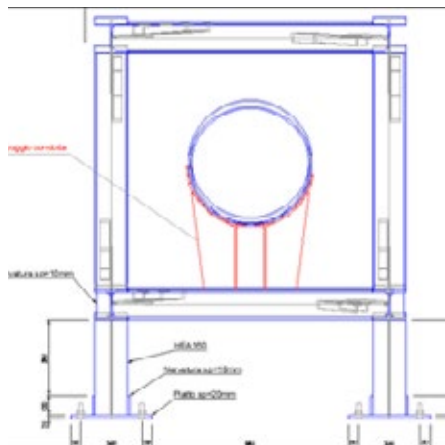


del cls. La metodologia permette, in ogni fase della progettazione, la verifica e il controllo (sezione per sezione) degli stati tensionali. La verifica puntuale, eseguita nelle diverse combinazioni di carico, permette di sfruttare in coscienza le caratteristiche dei materiali che si utilizzano. Con questo approccio diventa possibile condurre **analisi in termini di spostamento** (nel caso di SLE) **e in termini di resistenza** (nel caso di SLU), **anche in fase di cantiere**. Dove fisicamente le armature vengono disposte a seconda degli esecutivi, ma che per valutazioni successive possono essere confermate in fase di D.L.. La fase di as-built strutturale diventa in questo modo, operativa e costantemente aggiornata con le evoluzioni richieste dal cantiere (ove si rendesse necessario). La verifica in cantiere viene effettuata da parte della D.L. ed estesa anche alla carpenteria metallica. Con la verifica dimensionale e la verifica puntuale della coppia di serraggio. Il tutto è reso fattibile, **senza una stampa fisica dei disegni**, ma **con utilizzo di apparecchi elettronici** utilizzabili, in remoto, e **su note effettuate direttamente in cantiere**. Nel caso del canalponte in esame, particolare attenzione è stata effettuata sulla condotta, arteria principale dell'impianto idroelettrico. La condotta appoggia su slitte di ancoraggio, su cui la condotta per effetto delle dilatazioni può scorrere; in questo modo non nascono tensioni impresses nel traliccio. Così facendo, la condotta risulta semplicemente appoggiata e la dilatazione assiale viene assorbita dal giunto meccanico. La procedura utilizzata nella progettazione, per questo caso studio, ha permesso anche lo studio degli **scenari di carico derivanti dalle varie fasi di varo**. Il tutto è stato condiviso tramite modello completo e tramite lo studio del livello deformativo e tensionale step by step derivante dal carico e dalle manovre dei gruisti. In questo caso specifico, non è stato possibile l'utilizzo di un'unica autogru per due motivi, il primo derivante dalle dimensioni limitate degli spazi di manovra e la seconda dalla portata del ponte in muratura esistente.

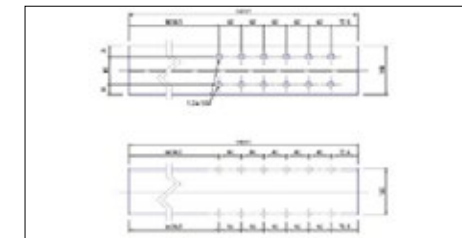
I vantaggi riscontrati in termini di tempo e costi, sono da ricercarsi in due filoni della progettazione. Il primo nella possibilità di verifica incrociata delle varie discipline, che sfocia nella **gestione delle interferenze** e nel ridurre al minimo le possibilità di errore sistematico derivante dalle distrazioni che possono nascere nell'attività frenetica e quotidiana del lavoro; il secondo nella praticità della gestione e delle attività di cantiere con le **verifiche e controllo della messa in opera del progetto eseguito**. Il metodo utilizzato ha diversi vantaggi, che riscontriamo in tutti i livelli del processo edilizio: dall'acquisizione dei dati iniziali alla gestione della commessa passando tramite la progettazione (da un livello preliminare al costruttivo). Il metodo permette sicuramente di avere il controllo delle quantità e la verifica immediata, nel caso di nascita, per le più svariate esigenze, di varianti in progettazione ed esecuzione delle opere. Il controllo dei pesi, per il progettista strutturale, gioca un ruolo fondamentale per il criterio di scelta dei materiali, delle tipologie strutturali da adottare e sui vari mezzi d'opera da scegliere per



Vantaggi e svantaggi derivanti dal Metodo



una più corretta esecuzione delle opere. In un **ambiente 4D** le risorse 3D (risorse umane, materiali, attrezzature e spazi) si collegano alle attività pianificate permettendo una più agevole verifica delle sequenze costruttive, della gestione di eventuali variazioni ed un più semplice confronto tra scenari alternativi. Il risultato è un processo costruttivo più efficiente, maggiormente affidabile e sicuro capace di condurre a risparmi di tempo e di denaro. In altri termini, si configura un sistema di supporto alle decisioni basato su informazioni attendibili sin dalla fase di pianificazione e sempre aggiornabili anche durante la costruzione. Operando in 4D la pianificazione delle attività è gestibile attraverso il modello e viceversa, e la possibilità di disporre di processi di verifica basati anche sulla visualizzazione degli elementi tridimensionali aumenta in maniera significativa gli abituali standard legati agli aspetti temporali ed economici della realizzazione di un'opera. Svantaggio del metodo, ma solo in quanto vi è ancora da sviluppare e ricercare, è quello che molte informazioni richiedono sempre più memoria e sempre più energia nel caricare i modelli. Questo porta nei modelli dove vi siano più discipline, se non coordinate, a indurre alla perdita di informazioni e rendere il processo lento e non più conveniente da un punto di vista produttivo.

[illegible]

Il mondo lavorativo muta con le esigenze che detta il mercato, la **costante ricerca della perfezione delle aziende e dei risultati immediati**, fa sì che le società di Ingegneria debbano mutare insieme alle esigenze, al fine di tenere il passo del mercato stesso. La LGA investe ogni anno in ricerca e sviluppo, imponendosi obiettivi più grandi di lei al fine di convergere all'ottenimento del risultato. Sull'asset 2018 si stanno portando avanti 2 obiettivi principali. Il primo finalizzato al procedimento di acquisizione del dato nello stato di fatto, con il supporto ai progettisti del modello dell'esistente, derivante dal Laser scanner 3D e della sua interpretazione/modellazione dei punti acquisiti. Il secondo, con il contributo di ingegneri informatici, mira alla gestione delle informazioni acquisite, lavorando sulla calibratura dei modelli tridimensionali e il loro collegamento con i computi e le attività di cantiere. Lo sviluppo è di una portata immensa, la **possibilità di gestire un unico modello** è quanto la LGA cerca sulle commesse quotidiane di raggiungere. *Nel quotidiano è facile confondere la parola Modellatore con Progettista, per la prima diventarlo è necessario un PC, un programma e buona volontà per la seconda forse non basta una vita.* Su questa impostazione la LGA ha fondato le sue fondamenta e il suo processo BIM interno, che non altro è che dare più informazioni a chi segue, dopo la propria progettazione, nel processo edilizio. In conclusione giova ricordare che se da un lato l'innovazione rende disponibili tecnologie abilitanti a nuovi standard qualitativi dall'altro va sempre considerata la necessità che ad utilizzarle siano professionisti del settore delle costruzioni con esperienza specifica in ognuna delle molteplici specializzazioni di cui si compone.

Sviluppi futuri