

Building Information Modeling orizzontale: il caso di studio della linea ferroviaria Croata Gradec-Sveti Ivan Žabno

Horizontal Building Information Modeling: the Croatian railway Gradec-Sveti Ivan Žabno case study

Salvatore Antonio BIANCARDO ^(*)
Mattia INTIGNANO ^(*)
Francesco ABONDATI ^(**)
Borna ABRAMOVIĆ ^(***)
Gianluca DELL'ACQUA ^(*)

Sommario - Ai sensi della norma UNI 11337 il *Building Information Modeling* (BIM) è il processo per la creazione e la gestione delle informazioni di un'opera attraverso il suo intero ciclo di vita. Uno dei risultati fondamentali di tale processo è un modello multidimensionale, cioè che va oltre la descrizione tridimensionale ed offre una prospettiva completa dell'opera costruita. Questo modello si sviluppa sulla base delle informazioni che sono inserite ed aggiornate collaborativamente nelle fasi principali del progetto. In questo articolo presentiamo il BIM del tronco ferroviario Gradec-Sveti Ivan Žabno sviluppato nell'ambito delle attività di cooperazione internazionale tra le Università di Napoli Federico II e Zagabria, al fine di evidenziare vantaggi e limitazioni della metodologia applicata ad un progetto reale in ambito ferroviario.

1. Introduzione

In ambito infrastrutturale si parla di BIM orizzontale o pesante per distinguerlo dal BIM verticale specifico per le opere edili [1]. Ciascun attore del processo sviluppa il proprio modello BIM in relazione alle attività che è tenuto a svolgere [2]. Aspetto fondamentale dell'intera metodologia BIM è l'interoperabilità. Questa è definita come la possibilità di due o più attori di comunicare e cooperare nonostante le differenze nel linguaggio di implementazione o ambiente di esecuzione [3][4]. Questa caratteristica è necessaria per permettere lo scambio di informazioni e la

Summary - According to UNI 11337, Building Information Modeling (BIM) is the process of creating and managing information about a building throughout its life cycle. One of the fundamental results of this process is a multidimensional model, i.e. one that goes beyond the three-dimensional description and offers a complete perspective of the built work. This model is developed based on information that is collaboratively entered and updated during the main phases of the project. In this paper, we present the BIM model of the Gradec-Sveti Ivan Žabno railway line developed within the international cooperation activities between the Universities of Naples Federico II and Zagreb to highlight the advantages and limitations of the methodology applied to a real railway project.

1. Introduction

Horizontal or heavy BIM is used in infrastructure to distinguish it from vertical BIM specific to construction works [1]. Each actor in the process develops its own BIM model in relation to the activities it has to perform [2]. A fundamental aspect of the whole BIM methodology is interoperability. This is defined as the ability of two or more actors to communicate and cooperate despite differences in implementation language or execution environment [3][4]. This characteristic is necessary to enable the exchange of information and the possibility to use resources available in other environments [5]. Therefore, interoperability is one of the

^(*) Università degli Studi di Napoli Federico II, Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Italia.

^{(**) University of Naples Parthenope, Department of Engineering, Italy.}

^{(***) University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia.}

^(*) University of Naples Federico II, School of Polytechnic and Basic Sciences, Department of Civil, Building and Environmental Engineering, Italy.

^{(**) University of Naples Parthenope, Department of Engineering, Italy.}

^{(***) University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia.}

possibilità di utilizzare risorse disponibili su altri ambienti [5]. Pertanto, l'interoperabilità costituisce una delle principali preoccupazioni per i professionisti BIM essendo la condivisione dei dati una caratteristica fondamentale di tale metodologia [6].

Per assicurare l'interoperabilità viene usato il formato *Industry Foundation Classes* (IFC). Questo è uno standard open source registrato di proprietà di building SMART International. Inoltre, è un formato neutrale rispetto alla piattaforma, il che lo rende estremamente accessibile. Infine, è anche facilmente leggibile, poiché adotta la codifica ASCII [7].

Uno schema IFC è composto da quattro livelli: *domain*, *interop*, *core* e *resource* [8]. Questa struttura, nel suo insieme, permette di memorizzare informazioni geometriche, caratteristiche e attributi di un'opera, ma anche relazioni, processi e concetti "astratti" come costo e prestazioni [9].

Mentre gli standard IFC attuali coprono ampiamente le esigenze dei professionisti per i progetti puntuali/verticali, lo stesso non può dirsi per le opere orizzontali. Per colmare tale gap, già da diversi anni, la BSI (Building SMART INTERNATIONAL) ha avviato una serie di progetti di versioni dello standard IFC sviluppate per specifici contesti progettuali, tra cui IFC Road, IFC Bridge, IFC Tunnel, IFC Port, IFC Airport. Tali iniziative, che costituiscono diverse *room*, hanno portato alla creazione del *P6 IFC-Alignment project* che a partire da luglio 2015 è stato accettato come IFC standard. Parallelamente, soggetti terzi hanno contribuito alla creazione di standard per le infrastrutture, quali il Railway BIM Data Standard [10] pubblicato dal Chinese Railway BIM Data Standard nel 2015, l'IFC Bridge francese e l'IFC coreano.

Su queste basi, BSI ha definito il progetto IFC Infra Overall Architecture che definisce i principi generali da seguire da tutte le estensioni dello standard relative ai singoli ambiti infrastrutturali, quali ferrovie, autostrade, porti [7][11][12].

Attualmente, lo standard IFC più aggiornato ufficiale è l'IFC 4.0.2.1, pubblicato ad ottobre 2017 e ratificato dalla ISO 16739-1:2018. Quest'ultimo è in grado di memorizzare ed interpretare le informazioni che riguardano il tracciato, ma manca di altre specifiche relative alle infrastrutture ferroviarie [13]. Versioni successive, la 4.1.0.0 e la 4.2.0.0, sono state pubblicate rispettivamente a giugno 2018 e ad aprile 2019 mentre la 4.3 è stata pubblicata nel giugno 2021 quale *Standard Candidate* [14].

Ciò significa che è ancora in via di sviluppo, ma le revisioni riguardano principalmente la documentazione HTML [15].

Il team di IFC Rail ha fornito una lista di requisiti come input per lo standard candidato IFC 4.3. Questa lista include la sopraelevazione, la geometria lineare (planimetrica ed altimetrica), la struttura spaziale degli elementi

main concerns for BIM professionals as data sharing is a fundamental feature of this methodology [6].

To ensure interoperability, the Industry Foundation Classes (IFC) format is used. This is a registered open-source standard owned by buildingSMART International. Furthermore, it is a platform-neutral format, which makes it extremely accessible. Finally, it is also easily readable, as it adopts the ASCII encoding [7].

An IFC schema is composed of four levels: domain, interop, core and resource [8]. As a whole, this structure allows the store of geometric information, characteristics and attributes of a work, relationships, processes and "abstract" concepts such as cost and performance [9].

While the current IFC standards broadly cover the needs of professionals for point/vertical projects, the same cannot be said for horizontal works. In order to fill this gap, for several years now, the bSI (Building SMART INTERNATIONAL) has launched a series of projects of IFC standard versions developed for specific project contexts, including IFC Road, IFC Bridge, IFC Tunnel, IFC Port, IFC Airport. These initiatives, constituting several rooms, led to the creation of the P6 IFC-Alignment project, which as of July 2015 has been accepted as the IFC standard. In parallel, third parties contributed to creating infrastructure standards, such as the Railway BIM Data Standard [10] - published by the Chinese Railway BIM Data Standard in 2015, the French IFC Bridge and the Korean IFC.

On this basis, bSI has defined the IFC Infra Overall Architecture project that defines the general principles to be followed by all extensions of the standard related to individual infrastructure domains, such as railways, highways, ports and tunnels [7][11][12].

Currently, the most updated official IFC standard is IFC 4.0.2.1, published in October 2017 and ratified by ISO 16739-1:2018. The latter is capable of storing and interpreting information concerning the track but lacks other specifications related to railway infrastructure [13]. Subsequent versions, 4.1.0.0 and 4.2.0.0, were published in June 2018 and April 2019, respectively, while 4.3 was published in June 2021 as a Standard Candidate [14]. This means that it is still under development, but the revisions mainly concern the HTML documentation [15].

The IFC Rail team has provided a list of requirements as input for the IFC 4.3 candidate standard. This list includes Cant Alignment, Linear Placement (such as geometry and positioning), Spatial Structure (such as breakdown structures), Built Elements, Physical Elements (such as track, signalling, telecoms, energy) and functional aspects. [16].

To encourage the adoption of BIM, the most effective strategy seems to be to make it mandatory for public works. In EU member countries, BIM technologies were introduced with the Public Procurement Directive 2014/24/EU [17]. EU member countries have chosen different introduction times based on amounts and other specifications pertaining to the legislation of individual states as summarized in Tab. 1.

costruiti (come binari, segnalamento, telecomunicazioni, energia) e gli aspetti funzionali [16].

Per favorire l'adozione del BIM, la strategia più efficace sembra essere quella di renderlo obbligatorio per le opere pubbliche. Nei paesi membri dell'Unione Europea, l'uso di tecnologie BIM è stato introdotto con la direttiva sugli appalti pubblici 2014/24/EU [17]. I paesi membri EU hanno scelto tempi di introduzione differenti in base a diverse specifiche, quali il valore delle opere stesse, di pertinenza alla legislazione dei singoli stati come riassunto in Tab. 1.

Nel corso degli ultimi anni, in coerenza con l'avanzamento normativo o in modo a volte indipendente da esso, sono stati prodotti numerosi sforzi per applicare il BIM nel settore delle infrastrutture [22][23][24][25], e in particolare nel settore delle opere ferroviarie [26][27][28][29][30][31][32]. La maggior parte dei progetti ferroviari realizzati secondo gli standard BIM sono stati sviluppati nel Nord Europa e nel Regno Unito.

In Svezia, il *general contractor* NCC è stato incaricato di completare la linea ferroviaria Svealand, per una sezione di 8,5 km a doppio binario per Trafikverket. Il progetto prevedeva anche lo scavo di 3 km di gallerie in roccia e la costruzione di nove ponti. Il modello BIM collaborativo ha facilitato la comunicazione durante tutto il processo, assicurando una migliore interazione tra gli attori dell'intero processo [33].

In Norvegia, la linea ferroviaria a doppio binario Sandbukta Moss Såstad – che include due tunnel e una nuova stazione a Moss – è in costruzione, con BaneNOR (Ferrovie norvegesi), SWECO e Ramboll come principali aziende contribuenti. Lo sviluppo di un modello BIM dettagliato, per il corridoio ferroviario, la stazione di Moss, i sistemi MEP, le recinzioni e gli edifici che si affacciano sulla linea, ha portato a una riduzione dei conflitti interdisciplinari nella fase di progettazione, con conseguente minimizzazione degli errori e ottimizzazione delle attività di cantiere [34].

Nel Regno Unito, il progetto High Speed 2 (HS2) riguarda una rete ferroviaria ad alta velocità che collega Londra, Leeds, Birmingham e, in futuro, Manchester. A causa delle dimensioni eccezionali dell'infrastruttura, il suo completamento nel tempo e nel budget rappresenta una sfida straordinariamente complessa. L'approccio collaborativo BIM intrinseco tra le figure coinvolte nel processo è uno strumento chiave a questo scopo. Il BIM contribuisce anche a informare la popolazione – specialmente sulle attività di costruzione che la riguardano direttamente –, influenzando quindi positivamente l'accettazione sociale del progetto [35].

In Germania, il progetto ferroviario della DB Netz AG è in costruzione a Mühlhausen im Täle e prevede la realizzazione di uno dei più grandi ponti ferroviari della Germania nella valle di Fils. La nuova linea ad alta velocità fornirà un collegamento più veloce e conveniente: i treni ad alta velocità saranno in grado di aumentare la loro ve-

Over the last few years, according to regulatory progress or in some cases unconnected to it, numerous efforts have been produced to apply BIM in the infrastructure sector [22][21][22][23][24][25], particularly in the railway works sector [26][27][28][29][30][31][32]. Most of the railway projects implemented according to BIM standards have been developed in Northern Europe and the UK.

In Sweden, the general contractor NCC was commissioned to complete the Svealand railway line, for an 8.5 km double track section to Trafikverket. The project also included the excavation of 3 km of rock tunnels and the construction of nine bridges. The collaborative BIM model facilitated communication throughout the process, ensuring better interaction between the actors in the whole process [33].

In Norway, the double-track railway line Sandbukta Moss Såstad – which includes two tunnels and a new station in Moss – is under construction, with BaneNOR (Norwegian Railways), SWECO and Ramboll as the main contributing companies. The development of a detailed BIM model, for the railway corridor, Moss station, MEP systems, fences and buildings facing the line, has led to a reduction

Tabella 1 – Table 1

Timeline per l'utilizzo del BIM per le opere infrastrutturali [18][19][20][21]
Timeline BIM adaption for infrastructure works [18][19][20][21]

Paese membro UE EU Member State	Anno di introduzione obbligatorietà (totale o parziale) Year of mandatory introduction (total or partial)
Finlandia Finland	2007
Svezia Sweden	2012
Spagna Spain	2015
Norvegia Norway	2016
Regno Unito United Kingdom	2016
Francia France	2017
Germania Germany	2020
Danimarca Denmark	2022
Belgio Belgium	Nessuna obbligatorietà N/A
Svizzera Switzerland	Nessuna obbligatorietà N/A
Portogallo Portugal	Nessuna obbligatorietà N/A

locità fino a 250 km/h attraversando la valle, rispetto all'attuale limite di 70 km/h, a causa delle curve strette [36].

In Francia, con un aumento significativo del numero di passeggeri negli ultimi 10 anni, SNCF Réseau ha affrontato con successo l'ardua sfida dell'ottimizzazione e della manutenzione delle linee ferroviarie e delle attrezzature, soprattutto nelle regioni di Metz e Strasburgo. L'applicazione dei principi del BIM ha permesso di migliorare la conoscenza della rete – soprattutto in termini di prestazioni economiche – per tutta la durata delle fasi di funzionamento, manutenzione e costruzione [37].

Anche se il Belgio non ha un regolamento BIM, TUC Rail7 ha adottato strumenti BIM per il progetto del tunnel Schuman-Josaphat. Questo tunnel ferroviario a doppio binario di 1250 m – entrato in servizio nel 2016 – è stato progettato per ridurre il tempo di percorrenza dal cosiddetto quartiere europeo all'aeroporto [38]. Il BIM è stato usato per migliorare l'integrazione di tutti i sistemi progettati e per aumentare la comunicazione interna del team di progetto. Inoltre, il *clash-detection*, ovvero il rilevamento precauzionale delle interferenze tra le lavorazioni, ha permesso di evitare un nuovo lavoro durante la fase di progettazione e di minimizzare i ritardi nell'esecuzione del progetto in loco. Alla fine, il BIM ha aiutato a consegnare progetti di qualità superiore nel tempo e nel budget [39].

Nel 2016 il BIM è stato utilizzato in Portogallo [40] per gestire i lavori di riqualificazione di una sovrastruttura ferroviaria con allettamento di geogriglie alla base della massicciata per una tratta della lunghezza di circa 35 km. La metodologia BIM è stata utilizzata per la creazione del modello geometrico (3D) e per la programmazione del cantiere (4D).

Gli obiettivi di queste fasi sono stati raggiunti utilizzando diversi pacchetti software, tra cui Civil 3D e Revit (Autodesk) per la modellazione 3D e Naviswork per entrare nella quarta dimensione del modello.

In Slovenia [41], nel 2019, è stato sviluppato un caso studio nel contesto di un progetto europeo per l'interoperabilità ferroviaria della linea transeuropea che collega Lione fino a Budapest e poi oltre fino in Ucraina. L'approccio BIM è stato applicato per la realizzazione del modello di un sottopassaggio stradale ad una ferrovia vicino alla stazione di Grlava nel nord-est del paese, sfruttando tecnologie di telerilevamento ed un processo di reverse engineering.

Menzione speciale merita Rail Baltica, progetto di infrastruttura ferroviaria a scartamento europeo in corso per collegare Finlandia, Estonia, Lettonia, Lituania e Polonia, lungo 870 km. Rail Baltica è uno dei progetti prioritari dell'Unione Europea delle Reti Transeuropee dei Trasporti (TEN-T) e si propone quale catalizzatore per la costruzione del corridoio economico dell'Europa nord-orientale. Le differenze nelle norme costruttive e nella legislazione sul BIM dei singoli paesi coinvolti hanno costituito una delle principali sfide. In questo caso, i team di progetto hanno dovuto affidarsi agli standard delle nazioni leader nel BIM [42].

of interdisciplinary conflicts in the design phase, resulting in the minimisation of errors and optimisation of construction activities [34].

In the UK, the High Speed 2 (HS2) project concerns a high-speed rail network linking London, Leeds, Birmingham and, in the future, Manchester. Due to the exceptional size of the infrastructure, its completion on time and on budget represents an extraordinarily complex challenge. The inherent collaborative BIM approach between those involved in the process is a key tool to this end. BIM also helps to inform the public, especially about construction activities that directly affect them, thus positively influencing the social acceptance of the project [35].

In Germany, DB Netz AG's railway project is under construction in Mühlhausen im Täle, and involves the construction of one of the largest railway bridges in Germany in the Fils valley. The new high-speed line will provide a faster and more convenient connection: high-speed trains will be able to increase their speed up to 250 km/h when crossing the valley, compared to the current limit of 70 km/h, due to the narrow curves [36].

In France, with a significant increase in passenger numbers over the last 10 years, SNCF Réseau faced a daunting challenge in optimising the maintenance of its railway lines and equipment, especially in the Metz and Strasbourg regions. The application of BIM principles has enabled the improvement of network knowledge – especially in terms of economic performance – throughout the operation, maintenance and construction phases [37].

Although Belgium does not have a BIM regulation, TUC Rail7 adopted BIM tools for the Schuman-Josaphat tunnel project. This 1250 m double-track railway tunnel, which entered service in 2016, was designed to reduce the travel time from the so-called European Quarter to the airport [38]. BIM was used to improve the integration of all designed systems and increase the project team's internal communication. In addition, precautionary collision detection avoided new work during the design phase and minimised delays in on-site project execution. In the end, BIM helped to deliver higher quality projects on time and on budget [39].

In 2016, BIM was used in Portugal [40] to manage the rehabilitation works of a railway superstructure with geogrid bedding at the base of the ballast for a section with a length of about 35 km. The BIM methodology was used for the creation of the geometric model (3D) and for the site planning (4D).

The tasks of these phases were achieved using different software packages, including Civil 3D and Revit (Autodesk) for 3D modelling and Naviswork to enter the fourth dimension of the model.

In Slovenia [41], a case study was developed in 2019 in the context of a European project for railway interoperability of the trans-European line connecting Lyon to Budapest and then beyond to Ukraine. The BIM approach was applied to model a road subway to a railway near Grlava station in

A seguire verrà descritto il caso studio, riguardante la produzione del modello informativo di un tratto ferroviario tra le città di Gradec e Sveti Ivan Žabno, in Croazia, sviluppato nell'ambito delle attività di cooperazione internazionale tra le Università di Napoli Federico II e Zagabria. Alla luce di ciò, il caso studio verrà preceduto da una breve introduzione sul quadro normativo dei due paesi.

2. Italia e Croazia: Quadro su normativa e livello di adozione

Il BIM è stato introdotto in Europa con la pubblicazione delle Direttive 2004/18/CE [43] e 2014/24/UE [17].

In Croazia, anche se l'impiego del BIM nei lavori pubblici non è ancora un requisito obbligatorio, i primi progetti in BIM sono arrivati nel 2015. Approssimativamente il 25% di tutti i progettisti croati usa il BIM al livello minimo, ovvero livello 0, cioè elaborati in CAD bidimensionali, tant'è che molti attori del mercato edilizio non capiscono correttamente la tecnologia BIM, spesso fermandosi alla modellazione 3D. Eppure, i professionisti croati del settore delle costruzioni stanno promuovendo questa tecnologia e ci sono iniziative che attivamente muovono i primi passi verso la standardizzazione del BIM con l'aiuto del Croatian Standards Institute. Con la traduzione degli standard ISO in croato e l'entrata del paese nel EU BIM Task Group, il livello di comprensione e dunque di implementazione del BIM potrebbe aumentare considerevolmente nei prossimi anni [44].

Per quanto riguarda l'Italia, la normativa regolante il BIM è stata introdotta con l'articolo 23 del D.Lgs. 50 del 2016 (Codice dei Contratti Pubblici) [45]. Il successivo Decreto attuativo, D.M. 560/2017 [46], ha definito i tempi di introduzione obbligatoria del BIM negli appalti pubblici. Il Decreto-legge n. 77 del 31 maggio 2021, cosiddetto Decreto Semplificazioni 2021 [47], tratta il tema del BIM nel suo titolo IV, articolo 48, che introduce la possibilità per le stazioni appaltanti di prevedere l'assegnazione di un punteggio premiale in fase di valutazione dell'offerta per l'uso del BIM nella progettazione. Il Decreto Ministeriale del 2 agosto 2021 n. 312 [48] è l'ultima novità sul BIM negli appalti pubblici. Esso dà attuazione all'art. 48 del titolo IV del Decreto Semplificazioni ed individua i criteri premiali per l'uso del BIM che le stazioni appaltanti possono introdurre per la valutazione delle offerte.

Lo stato di adozione del BIM nel settore ferroviario [49] in Italia è ben descritto nel documento *openBIM for Rail* di iBIMi, capitolo italiano di buildingSMART. Da questo report si evince una diffusa scarsa conoscenza delle norme tecniche in materia di gestione informativa (ISO 19650 e UNI 11337) nonché degli strumenti BIM specializzati per le infrastrutture. I fattori critici che contribuiscono al rallentamento nell'avanzamento del settore sono da ricercare nella mancanza di linee guida e standard di settore, nella scarsa capacità di alcuni strumenti di gestire il contenuto ferroviario, altamente specialistico, nella difficoltà di rispondere completamente alle prescrizioni nor-

the country's northeast, exploiting remote sensing technologies and a reverse engineering process.

A special mention goes to Rail Baltica, an ongoing 870 km-long European railway infrastructure project to connect Finland, Estonia, Latvia, Lithuania and Poland. Rail Baltica is one of the European Union's Trans-European Transport Network (TEN-T) priority projects and is a catalyst for the construction of the North-East European Economic Corridor. Differences in construction standards and BIM legislation in the individual countries involved were a major challenge. In this case, the project teams had to rely on the standards of the leading BIM nations [42].

Following this, a case study will be described, concerning the production of the information model of a railway section between the cities of Gradec and Sveti Ivan Žabno, in Croatia, developed within the framework of international cooperation activities between the Universities of Naples Federico II and Zagreb. In the light of this, the case study will be preceded by a brief introduction to the regulatory framework of the two countries.

2. Italy and Croatia: Regulatory framework and BIM Adoption Overview

BIM was introduced in Europe with Directives 2004/18/EC [43] and 2014/24/EU [17].

In Croatia, even though the use of BIM in public works is not yet a mandatory requirement, early projects using BIM arrived in 2015. Approximately 25% of all Croatian designers use entry-level BIM, meaning level 0, or two-dimensional CAD projects, as many participants in the construction market do not quite correctly understand BIM technology, often implying only 3D design.

Still, Croatian construction professionals are promoting this technology, and active initiatives are taking the first steps towards BIM standardisation with the help of the Croatian Standards Institute. With the translation of ISO standards into Croatian and the country's membership of the EU BIM Task Group, the level of understanding and, therefore, implementation could increase considerably in the coming years [44].

As far as Italy is concerned, the legislation regulating BIM was introduced by Article 23 of Legislative Decree 50 of 2016 (Public Contracts Code) [45]. The subsequent implementing decree, Ministerial Decree 560/2017 [46], defined the timing of the mandatory introduction of BIM in public procurement. Decree-Law No. 77 of 31 May 2021 [47], so-called Simplification Decree 2021, deals with the topic of BIM in its Title IV, Article 48, which introduces the possibility for contracting stations to provide for the assignment of a bonus score during the evaluation of the offer for the use of BIM in design. Ministerial Decree No. 312 [48] of 2 August 2021 is the latest news on BIM in public procurement. It implements Article 48 of Title IV of the Simplification Decree and identifies the award criteria for using BIM that contracting authorities may introduce for the evaluation of tenders.

mative nonché nella difficoltà dei committenti stessi nel definire chiare esigenze all'interno della documentazione di gara.

3. Caso studio

Il caso studio riguarda lo sviluppo di un modello BIM del tronco ferroviario che collega le città di Gradec e Sveti Ivan Žabno [50]. Il progetto è destinato al potenziamento della tratta Bjelovar-Zagabria con una riduzione dei tempi di percorrenza da 2 ore circa a 50 minuti sulle due direzioni di marcia in condizioni di operatività completa. Il progetto Gradec-Sveti Ivan Žabno prevedeva la costruzione di 12 km di linea non elettrificata a binario unico, la ricostruzione completa della stazione Sveti Ivan Žabno e parte della stazione Gradec, la realizzazione delle nuove fermate di Lubena, Haganj e Remetinec Križevački.

Per quanto riguarda le caratteristiche prestazionali, i progettisti hanno mirato a una velocità massima di esercizio di 120 km/h. Il numero massimo di treni ammessi a circolare è stato fissato a 50 al giorno per ogni direzione, assumendo una lunghezza massima del treno di 650 m. Infine, per quanto riguarda la massa dell'asse, il tratto Gradec-Sveti Ivan Žabno è stato progettato per sopportare 22,5 tonnellate o, equivalentemente, 8 t/m in termini di massa per unità di lunghezza.

Il tracciato (Fig. 1a) si dipana su un terreno relativamente economico essendo solo lievemente collinare. Pertanto, il tracciato ferroviario (Fig. 1b) è stato progettato per adattarsi il più possibile al terreno, evitando alti terrapieni e profonde trincee.

Il nuovo fabbricato viaggiatori della stazione di Gradec è stato erroneamente costruito a notevole distanza dalla banchina viaggiatori esistente (Fig. 2) a causa del mancato coordinamento tra gli interventi di raddoppio

The state of BIM adoption in the railway sector [49] in Italy is well described in the document openBIM for Rail by iBIMi, the Italian chapter of buildingSMART. This report shows a widespread lack of knowledge of technical standards for information management (ISO 19650 and UNI 11337) as well as of specialised BIM tools for infrastructure. Critical factors contributing to the slow progress of the sector are the lack of industry guidelines and standards, the poor ability of some tools to handle highly specialised railway content, the difficulty of fully responding to regulatory requirements, and the difficulty of clients themselves in defining clear requirements within the tender documentation.

3. Case Study

The case study concerns the development of a BIM model of the railway section connecting the cities of Gradec and Sveti Ivan Žabno [50]. The project is intended to upgrade the Bjelovar-Zagreb section with a reduction of travel time from about 2 hours to 50 minutes in both directions under fully operational conditions. The Gradec-Sveti Ivan Žabno project included construction of 12 km of non-electrified single-track line, complete reconstruction of Sveti Ivan Žabno station and part of Gradec station, and construction of new stops at Lubena, Haganj and Remetinec Križevacki.

In terms of performance characteristics, the designers aimed for a maximum operating speed of 120 km/h. The maximum number of trains allowed to run was set at 50 per day in each direction, assuming a maximum train length of 650 m. Finally, with regard to the axle mass, the Gradec-Sveti Ivan Žabno section was designed to carry 22.5 tonnes or, equivalently, 8 t/m in terms of mass per unit length.

The track (Fig. 1a) runs through relatively inexpensive terrain, being only slightly hilly. Therefore, the railway line

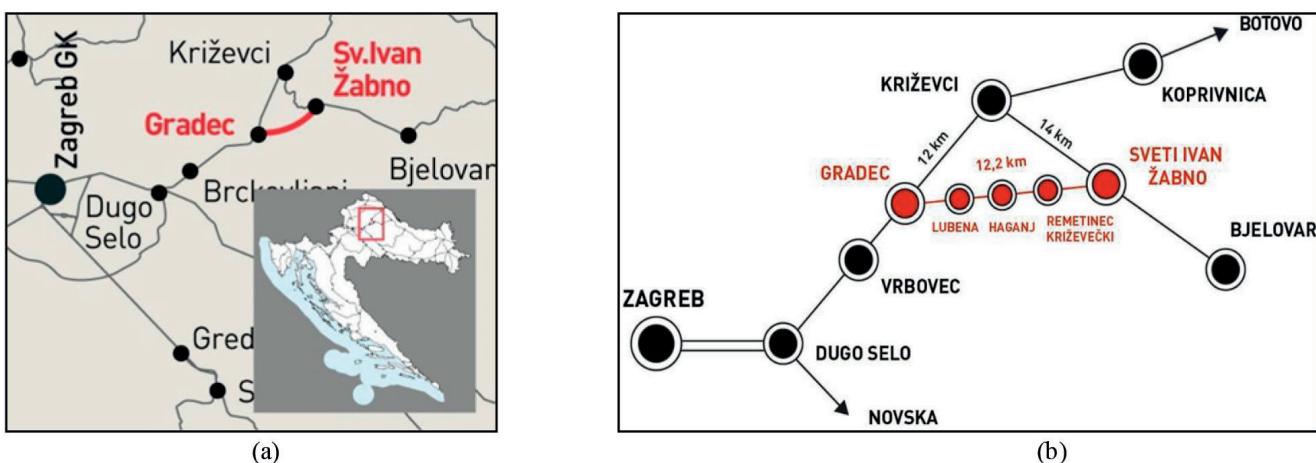


Figura 1 - La nuova ferrovia Gradec-Sveti Ivan Žabno: (a) inquadramento territoriale; (b) layout della rete dopo il completamento del progetto.

Figure 1 - The new railway Gradec-Sveti Ivan Žabno: (a) territorial overview; (b) network layout after completion of the project.

del binario Dugo Selo-Križevci e costruzione della nuova linea Gradec-Sveti Ivan Žabno.

In Fig. 3 è rappresentato il layout di progetto del tronco in esame e del fabbricato viaggiatori della stazione di Gradec.

Lo scalo di Gradec dovrà svolgere funzioni di stazione di testa per la linea Gradec-Sveti Ivan Žabno e stazione di transito per la linea Dugo Selo-Križevci con raddoppio di binario (Fig. 4).

La nuova banchina (Fig. 5) è stata demolita per essere poi ricostruita a circa cento metri dal fabbricato viaggiatori (Fig. 6) al fine di consentire il raddoppio di binario della linea esistente (Fig. 7).

4. Sviluppo del modello digitale

Il modello BIM è stato sviluppato digitalizzando le opere già costruite e quelle ancora in corso di realizzazione presenti in Fig. 8, a partire dal modello digitale del terreno, passando per la costruzione del diagramma delle curvature (Fig. 9) e dei profili altimetrici (Fig. 10) che sono stati ricostruiti a partire dagli elaborati del progetto di fattibilità.

Il passo successivo è stato quello di procedere alla modellazione del corridoio portando in conto le modifiche apportate al tracciato per correggere il layout della stazione di Gradec.



Figura 2 - La banchina passeggeri e il fabbricato viaggiatori della stazione di Gradec.

Figure 2 - The passenger platform and passenger building at Gradec station.

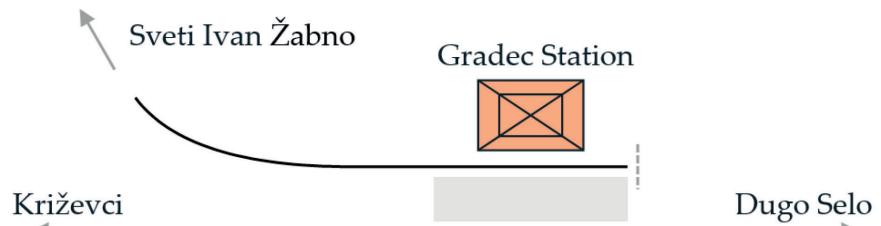


Figura 3 - Layout di progetto della Stazione di Gradec.
Figure 3 - Project layout of Gradec Station.

(Fig. 1b) was designed to fit into the terrain as much as possible, avoiding high embankments and deep trenches.

The new passenger building at Gradec station was mistakenly built at a considerable distance from the existing passenger platform (Fig. 2) due to the lack of coordination between the doubling of the Dugo Selo-Križevci track and the construction of the new Gradec-Sveti Ivan Žabno line.



(a)



(b)

Figura 4 - Lavori per il raddoppio di binario della linea Dugo Selo-Križevci nei pressi di Konac.
Figure 4 - Track-doubling works on the Dugo Selo-Križevci line near Konac.

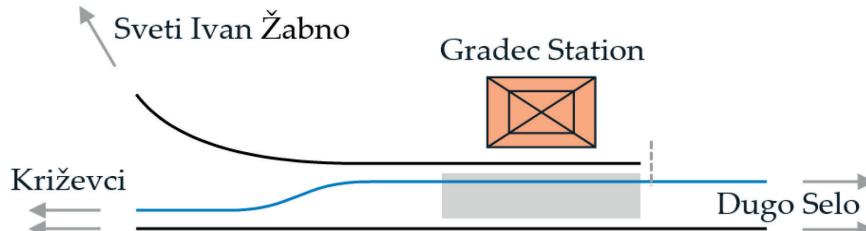


Figura 5 - La banchina viaggiatori costruita in conflitto con il raddoppio di binario.

Figure 5 - The passenger platform built in conflict with the track doubling.

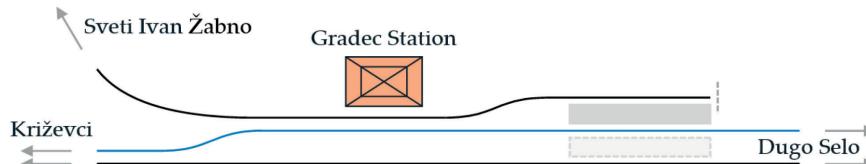


Figura 6 - Layout di progetto modificato.
Figure 6 - The modified project layout.



(a)



(b)

Figura 7 - Stazione di Gradec: (a) fabbricato viaggiatori; (b) banchina viaggiatori.

Figure 7 - Gradec station: (a) passenger building; (b) passenger platform.

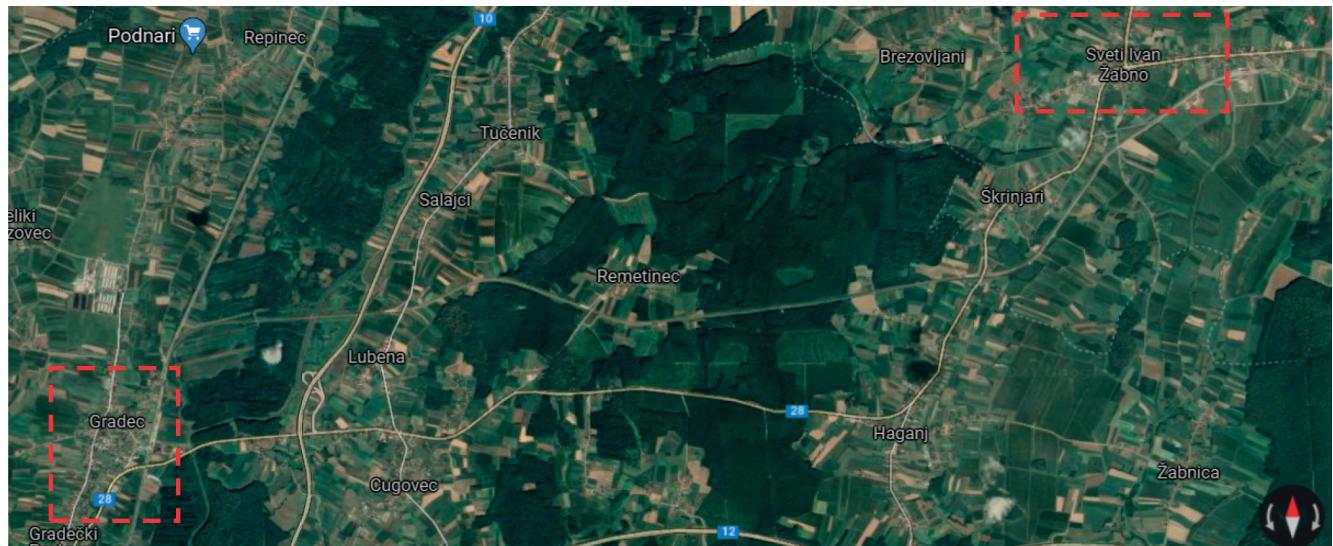


Figura 8 - Area di interesse del caso studio.

Figure 8 - Case study area.

Fig. 3 shows the design layout of the section under consideration and the passenger building at Gradec station.

The Gradec station serves as a terminus for the Gradec-Sveti Ivan Žabno line and as a transit station for the Dugo Selo-Križevci line with a doubled track (Fig. 4).

The new platform (Fig. 5) was demolished and rebuilt approximately one hundred metres from the passenger building (Fig. 6) in order to allow the track to be doubled on the existing line (Fig. 7).

4. Modelling Phase

The BIM model was developed by digitising the works already built and

OSSERVATORIO

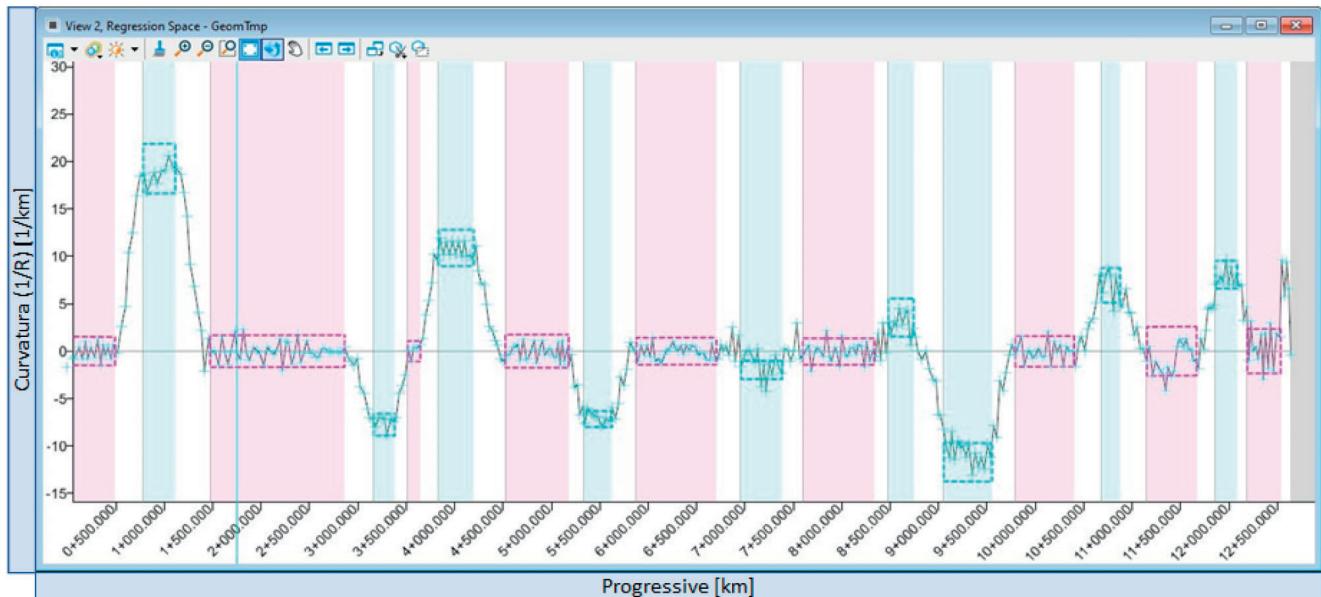


Figura 9 - Ricostruzione per regressione lineare del diagramma delle curvature.
Figure 9 - Reconstruction by linear regression of the curvature diagram.

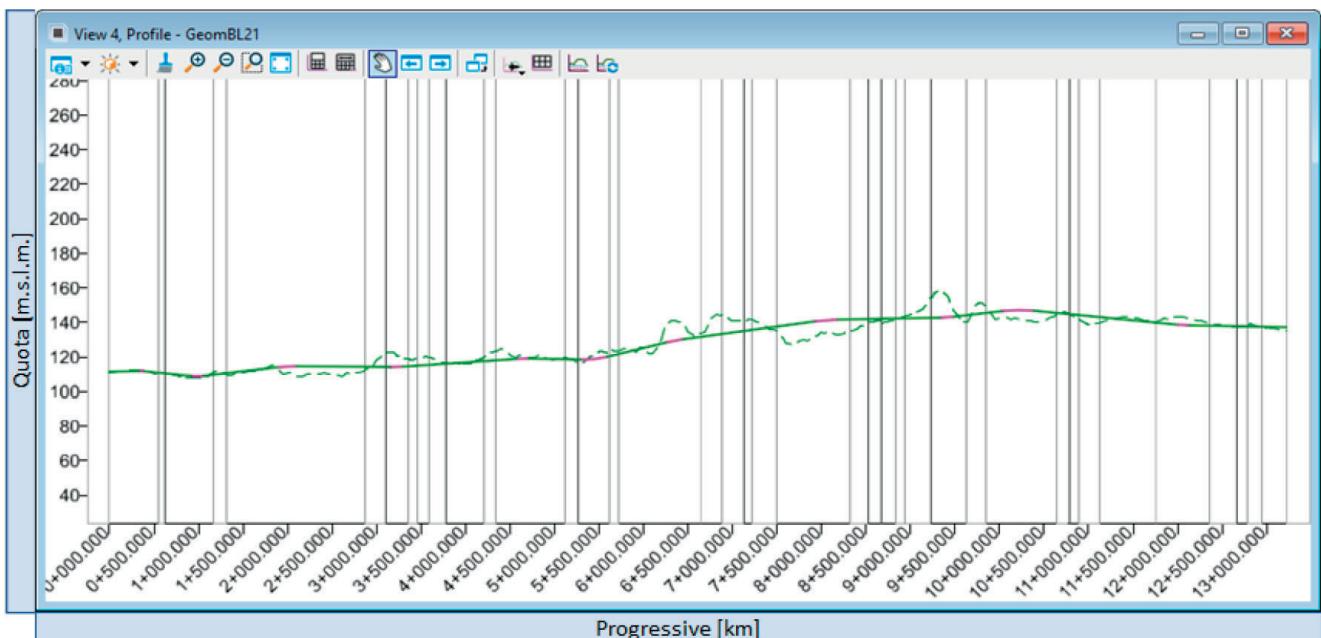


Figura 10 - Profilo del terreno (linea tratteggiata) e longitudinale (linea continua).
Figure 10 - Terrain (dashed) and design (continuous) profile.

La velocità massima nel tratto iniziale è stata pressoché dimezzata rispetto al progetto originario (vedi Fig. 11 e Tab. 2).

Per l'elaborazione del modello sono state creati i template delle sezioni trasversali (Fig. 12).

Una volta che tutti i modelli necessari sono stati disegnati, più Templates Drops possono essere posizionati lungo il percorso per modellare tutti gli elementi chiave della pista (Fig. 13).

those still under construction falling within the case study area shown in Fig. 8, starting with the digital terrain model, passing through the curvature diagram construction (Fig. 9) and the vertical profiles (Fig. 10) which were reconstructed from the feasibility project drawings.

The next step was to model the corridor taking into account the changes made to the layout to correct the layout of Gradec station.

The maximum speed in the initial section was halved

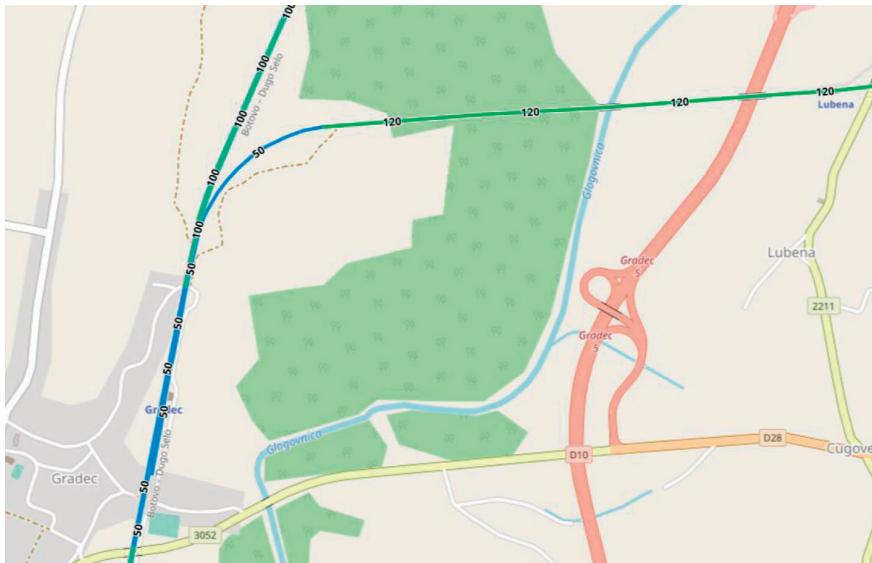


Figura 11 - Velocità nel tratto iniziale della linea Gradec-Sveti Ivan Žabno.
Figure 11 - Speed on the initial section of the Gradec-Sveti Ivan Žabno line.

Tabella 2 – Table 2

Tabella della velocità del percorso
Route speed table

Stazione iniziale Starting station	Stazione finale Ending station	Lunghezza Length	Velocità iniziale Starting speed	Velocità finale Ending speed
[m]	[m]	[m]	[km/h]	[km/h]
0.00	1165.00	1165.00	50.00	50.00
1165.00	1315.00	150.00	50.00	120.00
1315.00	13070.00	11755.00	120.00	120.00

Come esempio, le figure seguenti mostrano la sezione trasversale al km 9+300, in piena linea, che risulta dal template usato nella sezione che inizia alla progressiva del km 9+045 e termina al km 9+610 (quella evidenziata in verde nella Fig. 14).

Segue una rappresentazione 3D della sezione del corridoio che attraversa l'autostrada D10 con un cavalcavia tra le stazioni 2+650 e 2+695 (Fig. 15).

5. Conclusioni

Dunque, la prima operazione è stata quella di creare il modello digitale del terreno, estraendone anche le possibili interferenze (corsi d'acqua, infrastrutture preesistenti). Successivamente, sono state rilevate le coordi-

compared to the original design (See Fig. 11 and Tab. 2).

Templates for the cross-sections were created for the elaboration of the model (Fig. 12).

Once all the necessary templates have been drawn, several Templates Drops can be placed along the route to model all the key elements of the track (Fig. 13).

For example, the following figures show the cross-section at km 9+300, which results from the template used in the section starting at km 9+045 and ending at km 9+610 (the one highlighted in green in Fig. 14).

Below is a 3D representation of the corridor section crossing the D10 motorway with an overpass between stations 2+650 and 2+695 (Fig. 15).

5. Conclusions

Therefore, the first operation was to create the digital terrain model, also extracting possible interferences (watercourses, pre-existing infrastructures). Subsequently, the progressive coordinates of the route were recorded and, by consulting the resulting curvature diagram, all the planimetric elements were identified by means of a regression operation.

By cross-referencing the previously obtained information with the informa-

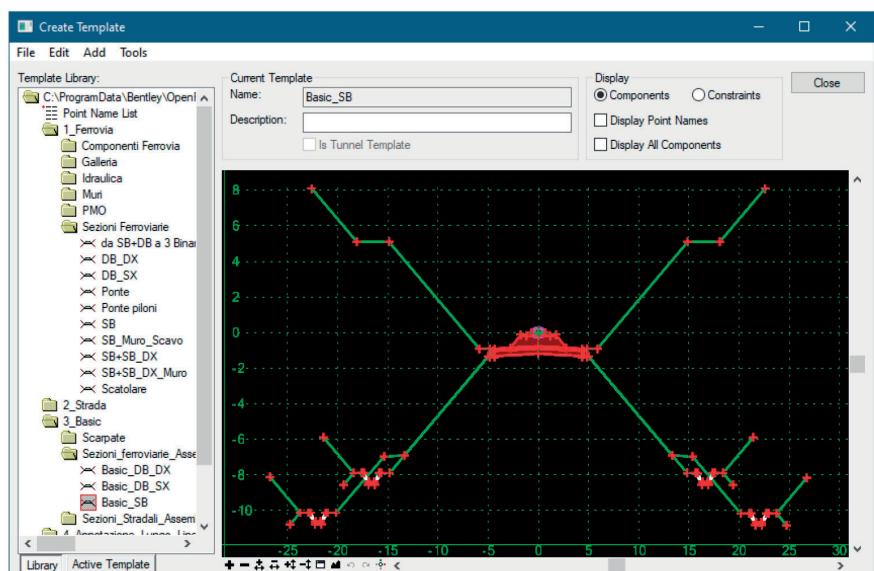


Figura 12 - Sezione trasversale, template di OpenRail Designer.
Figure 12 - Cross section, OpenRail Designer template.

OSSERVATORIO

uate progressive del tracciato e, consultando il diagramma di curvatura risultante, tramite un'operazione di regressione, sono stati individuati tutti gli elementi planimetrici.

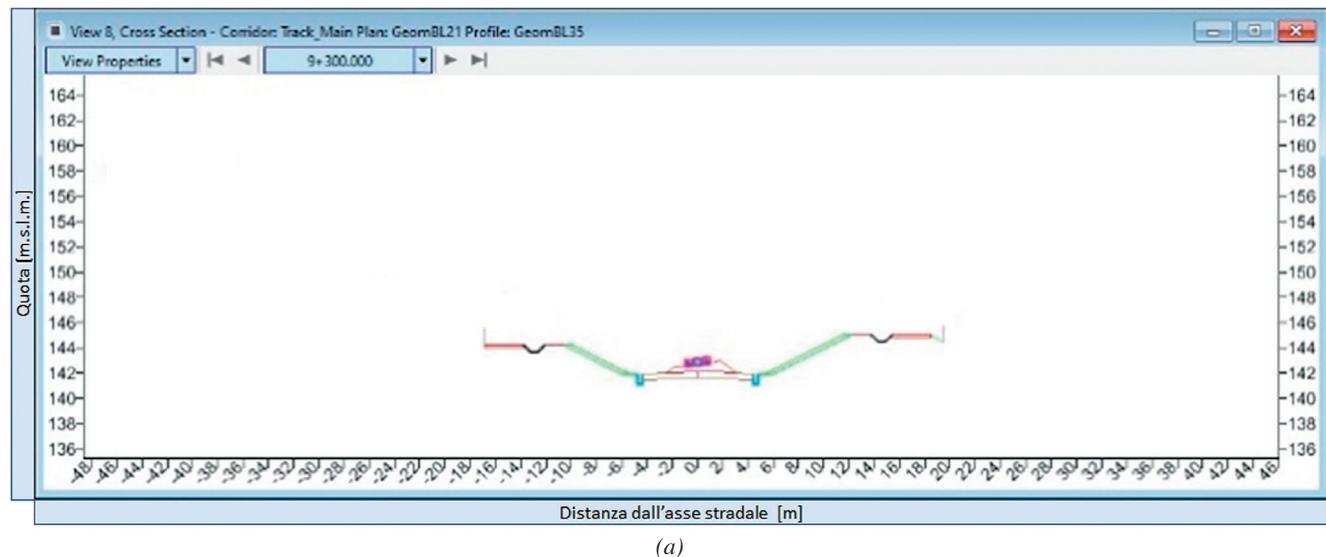
Incrociando le informazioni ricavate in precedenza con quelle contenute nello studio di fattibilità e attenendosi agli standard di progettazione croati [51][52][53][54][55], è stato ricavato il profilo altimetrico.

Infine, è stato creato lo *speed table* ed un *template* per ogni singolarità lungo il tracciato: ciò ha consentito di generare il *corridor* e, al contempo, di assegnare la sopraelevazione. Il ri-

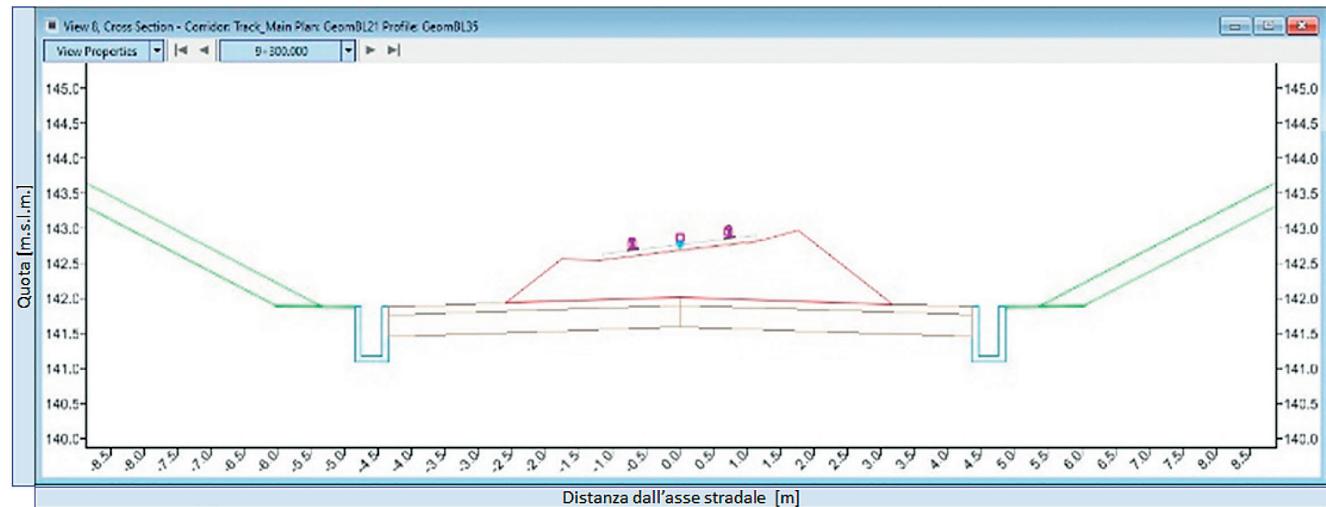
Corridor Objects - Track_Main				
Template Drop		Interval	Description	Start Station
Secondary Alignment		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\SB	10.0000m	0+000.000 2+175.000
Key Station		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\Ponte	10.0000m	2+175.000 2+215.000
Parametric Constraint		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\SB	10.0000m	2+215.000 2+650.000
Point Control		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\Ponte	10.0000m	Cavalcavia_I 2+650.000 2+695.000
Curve Widening		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\SB	10.0000m	
End Condition Exception		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\Scatola...	10.0000m	2+695.000 3+085.000
External Reference		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\SB	10.0000m	3+085.000 3+100.000
Clipping Reference		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\Scatola...	10.0000m	3+100.000 5+020.000
		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\Scatola...	10.0000m	5+020.000 5+040.000
		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\SB	10.0000m	5+040.000 9+025.000
		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\Scatola...	10.0000m	9+025.000 9+045.000
		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\SB	10.0000m	9+045.000 9+610.000
		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\Ponte	10.0000m	Cavalcavia_II 9+610.000 9+645.000
		1_Ferrovia\Sezioni Ferroviarie\SB	10.0000m	9+645.000 13+223.957

Figura 13 - Tutti gli “oggetti” del corridoio lungo il tracciato.

Figure 13 - All the corridor “objects” along the route.



(a)



(b)

Figura 14 - Dettagli della stazione km 9+300: (a) Sezione trasversale; (b) Sopraelevazione.

Figure 14 - Details of station km 9+300: (a) Cross section; (b) Elevation.

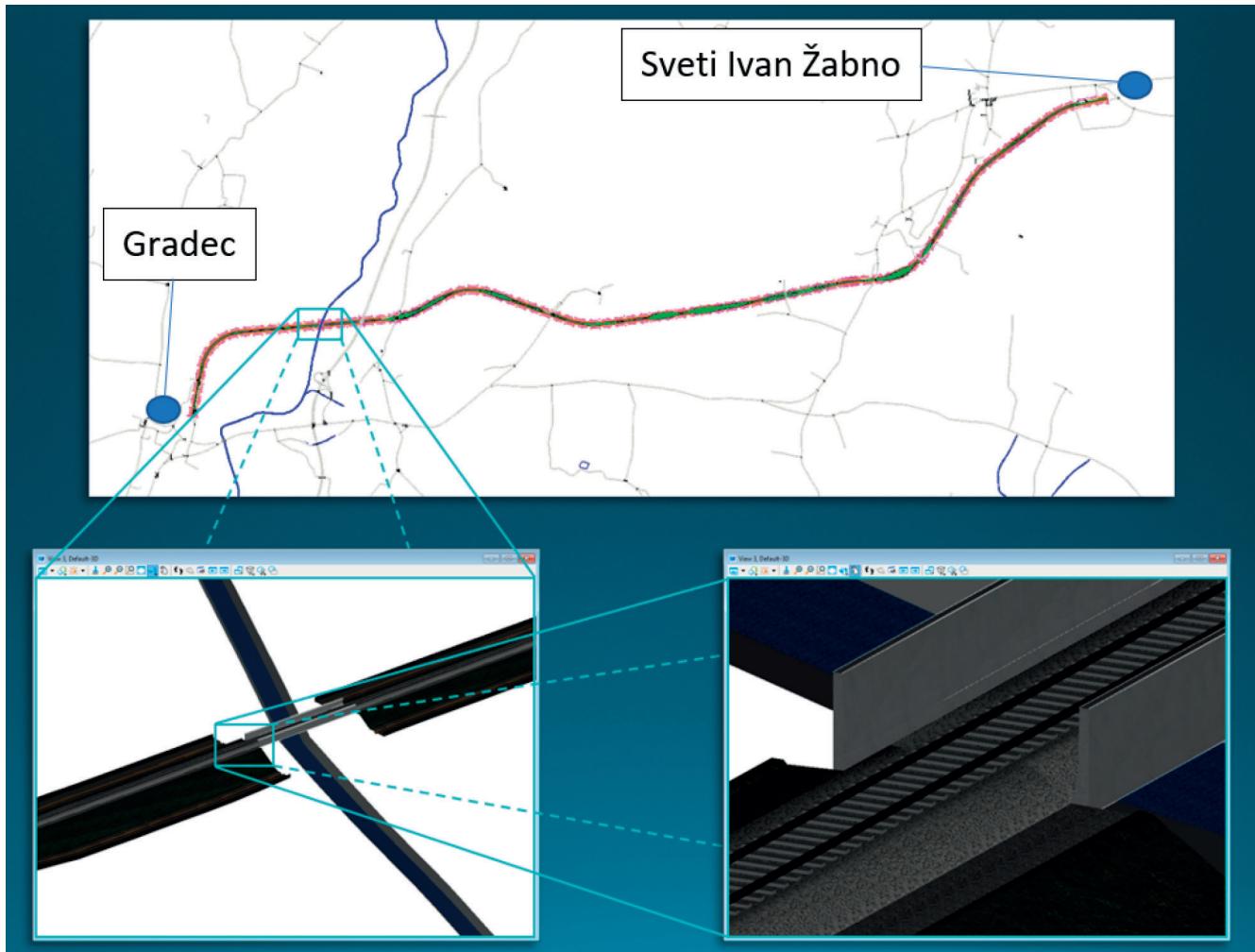


Figura 15 - Cavalcavia sull'autostrada D10 con dettaglio di rotaie, traversine, massicciata, barriere.
Figure 15 - Overpass on the D10 motorway with details of the rails and sleepers.

sultato finale è un modello 3D, correddato da informazioni semantiche (ad esempio in merito ai materiali adoperati).

La conclusione naturale di questo percorso non poteva che essere un'esportazione del progetto in IFC.

Il file in formato IFC è stato visualizzato tramite BIMvision, uno dei *freeware* più diffusi per la visualizzazione dei modelli BIM. Analizzandone l'*output* in Fig. 16, si evidenzia che il *corridor* mantiene le sue proporzioni e il suo posizionamento nello spazio. Guardando più da vicino le proprietà dei vari elementi che rimangono intatti dopo la conversione, vengono elencati il livello, il corridoio e la definizione della caratteristica di origine, così come il Template Drop da cui hanno avuto origine.

Per quanto riguarda le classificazioni, esportare il modello in IFC porta a una significativa perdita di dati. A causa della natura estremamente specifica delle informazioni semantiche memorizzate negli schemi di infrastrut-

tion contained in the feasibility study and following the Croatian design standards [51][52][53][54][55], the height profile was obtained.

Finally, the speed table and a template were created for each singularity along the route, which made it possible to generate the corridor and, at the same time, to assign the superelevation. The final result is a 3D model with semantic information (e.g., about the materials used).

The natural conclusion of this process was to export the project to IFC.

The IFC file was visualised using BIMvision, one of the most popular freeware tools for visualising BIM models. Analysing the output in Fig. 16, it can be seen that the corridor maintains its proportions and positioning in space. Looking more closely at the properties of the various elements that remain intact after conversion, the layer, corridor and source feature definition are listed, as well as the Template Drop from which they originated.

As far as classifications are concerned, exporting the

OSSERVATORIO

tura, gli “oggetti” e i “tipi” di infrastruttura non vengono riconosciuti. Questo ha come risultato che i campi rilevanti vengono trasferiti come elementi sconosciuti e, in ultima analisi, la perdita dei dati in essi contenuti, e lo stesso vale per le relazioni tra gli elementi stessi.

In definitiva, questo caso studio ha permesso di testare l’efficacia dell’operazione di esportazione del modello in formato IFC4.1, risultando nella preservazione delle informazioni geometriche, ma nella perdita di tutte le informazioni semantiche e delle relazioni associate. Tuttavia, più che al software utilizzato, queste limitazioni sono ascrivibili al fatto che lo standard IFC4.1 è ancora acerbo. Oggi, però, buildingSMART International sta testando la Release Candidate della versione 4.3 che dovrebbe introdurre il supporto a più Schema infrastrutturali, con più domini e migliori capacità di sviluppo parametrico.

Come evidenziato in precedenza, il mancato coordinamento tra l’intervento per il raddoppio del binario Dugo Selo-Križevci e la costruzione della nuova linea Gradec-Sveti Ivan Žabno ha comportato una notevole incoerenza tra la posizione della banchina e del fabbricato viaggiatori. Infatti, a lavori ultimati del raddoppio del binario, si è dovuto procedere alla demolizione della banchina per spostarla di circa 100 m. Una maggiore attenzione in fase

model to IFC leads to a significant loss of data. Due to the extremely specific nature of the semantic information stored in infrastructure schemas, infrastructure “objects” and “types” are not recognised. This results in relevant fields being transferred as unknown elements and ultimately in the loss of the data they contain, as well as the relationships between the elements themselves.

Ultimately, exporting to IFC4.1 preserves the geometric information, but all the semantic information and associated relationships are lost.

Finally, this case study tested the effectiveness of the operation of exporting the model in IFC4.1 format, resulting in the preservation of geometric information, but the loss of all semantic information and associated relationships. However, rather than the software used, these limitations are due to the fact that the IFC4.1 standard is still immature. Today, however, buildingSMART International is testing the Release Candidate of version 4.3, which should introduce support for more infrastructure schemas, with more domains and better parametric development capabilities.

As pointed out above, the lack of coordination between the intervention for the doubling of the Dugo Selo-Križevci track and the construction of the new Gradec-Sveti Ivan Žabno line has led to a significant inconsistency between the position of the platform and the passenger building. In fact,

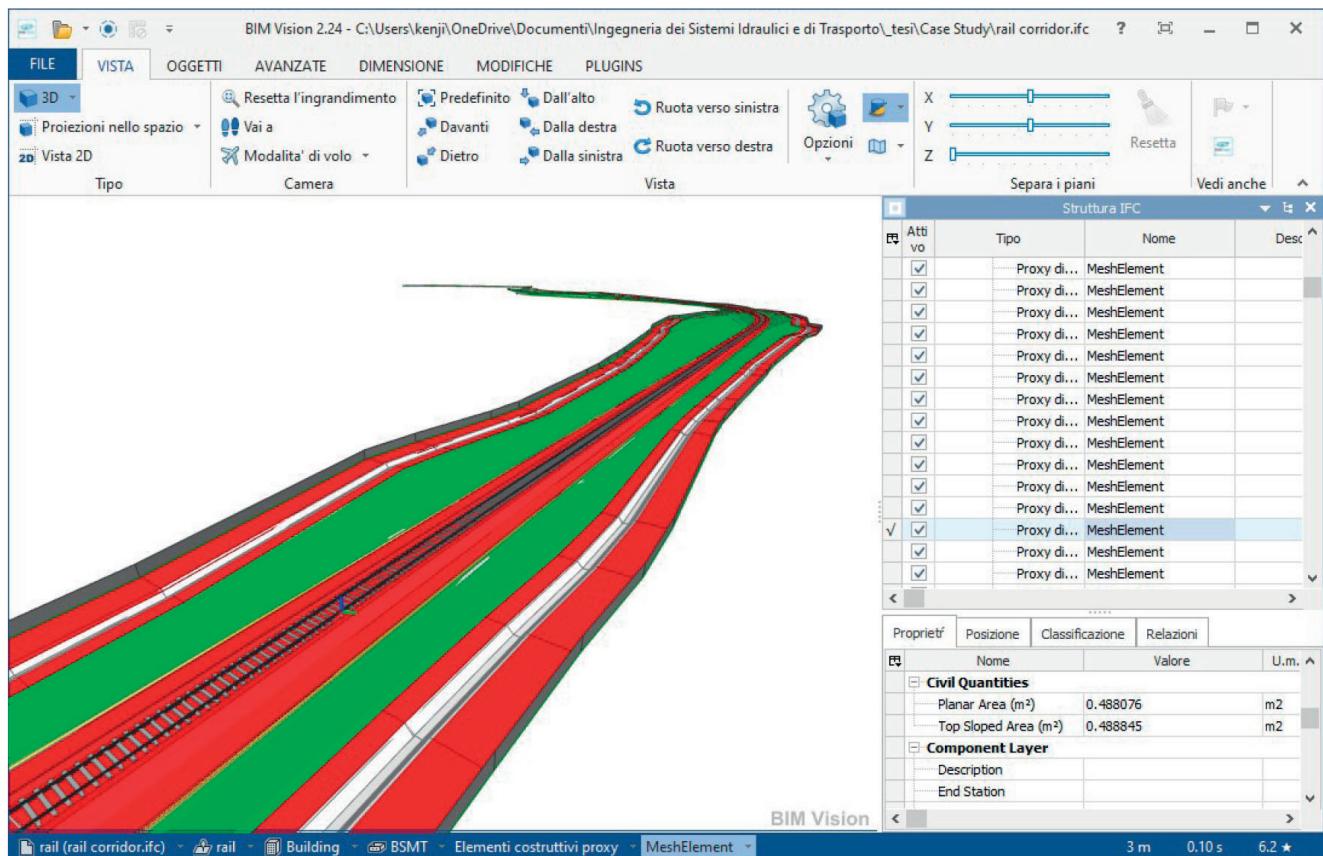


Figura 16 - Il tronco terminale del corridoio dalla progressiva km 9+100 in BIMvision.

Figure 16 - The end section of the corridor from km 9+100 in BIMvision.

di progettazione avrebbe potuto evitare tale inconveniente, ed in particolare, l'utilizzo del BIM dalle prime fasi del processo avrebbe consentito agevolmente di evidenziare le incongruenze progettuali e di coordinamento tra i diversi interventi. Il presente lavoro di ricerca pertanto vuole porre l'attenzione sulla necessità di ampliare l'utilizzo di strumenti BIM per la digitalizzazione dei progetti ferroviari, includendo anche la modellazione delle opere civili.

once the track doubling was completed, the platform had to be demolished and moved about 100 m. Greater attention during the design phase could have avoided this inconvenience, and in particular, the use of BIM from the earliest stages of the process would have made it easy to highlight design and coordination inconsistencies between the various interventions. This research work therefore aims to focus on the need to expand the use of BIM tools for the digitization of railway projects, also including the modeling of civil works.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] DELL'ACQUA G. (2018), "BIM per Infrastrutture - Il Building Information Modeling delle grandi opere lineari", EPC Editore.
- [2] Fraunhofer Italia Research (2020), "BIM - Building Information Modeling Infrastrutture Guida all'introduzione del BIM in azienda", Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Bolzano, https://www.handelskammer.bz.it/sites/default/files/uploaded_files/sviluppo_impresa/PID/Bim_legno_H.pdf.
- [3] BIANCARDO S.A., CAPANO A., GUERRA DE OLIVEIRA S., TIBAUT A. (2020), *"Integration of BIM and Procedural Modeling Tools for Road Design"*, Infrastructures, 5, 37.
- [4] BIANCARDO S.A., INTIGNANO M., VISCIONE N., GUERRA DE OLIVEIRA S., TIBAUT A. (2021), *"Procedural Modeling-Based BIM Approach for Railway Design"*, Journal of Advanced Transportation, 8839362.
- [5] KONSTANTAS D. (1993), *"Object Oriented Interoperability"*, ECOOP' 93 – Object-Oriented Programming, 80-102.
- [6] McGRAW HILL (2007), *"Interoperability in the Construction Industry"*, SmartMarket Report, McGraw Hill Construction.
- [7] BuildingSMART, International official website, www.buildingsmart.org.
- [8] BORMANN A., LIEBICH T. (2016), *"IFC Infra Overall Architecture – Project Plan"*, http://buildingsmart.org.au/wp-content/uploads/2016-01-29_InfraOverallArchitecture_ProjectPlan_AB.pdf.
- [9] BuildingSMART (2016), *"Industry Foundation Classes - Version 4.2 BSI Candidate Standard - IFC Bridge extension. Now part of IFC 4.3.x release cycle"*, <https://tinyurl.com/yxubscp6>.
- [10] China Railway BIM Alliance (2015), *"Standard BSI SPEC Rail - Railway BIM Data Standard (Version 1.0)"*, <https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2017/09/bSI-SPEC-Rail.pdf>.
- [11] Assobim (2021), "Il BIM e l'evoluzione del formato Ifc: Ifc Rails e Ifc Bridges", <https://www.01building.it/bim/bim-evoluzione-formato-ifc-rails-bridges/>.
- [12] PEREGO G. (2021), "Formato IFC per le infrastrutture: quale futuro?", <https://www.gisinfrastrutture.it/2021/01/formato-ifc-per-le-infrastrutture-quale-futuro/#more-18341>.
- [13] GOLPARVAR-FARD M., SAVARESE S., PEÑA-MORA F. (2010), *"Automated model-based recognition of progress using daily construction photographs and IFC-based 4D models"*, Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice, May 8-10, 2010, Banff Alberta, Canada.
- [14] BuildingSMART (2021), *"IFC Specifications Database"*, <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>.
- [15] BuildingSMART (2021), *"IFC Release Notes"*, <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/ifc-release-notes/>.
- [16] BuildingSMART (2021), *"IFC Rail"*, <https://www.buildingsmart.org/standards/rooms/railway/ifc-rail-project/>.
- [17] European Parliament (2014), *"Directive 2014/24/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on Public Procurement and Union Repealing Directive 2004/18/EC"*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0024>.
- [18] Trimble (2018), *"Global BIM Standards: Is Your Country Next?"*, <https://tinyurl.com/y66luwmr>.
- [19] Stroma Certification (2018), *"Global BIM – Which countries have adopted Building Information Modelling?"*, <https://tinyurl.com/yvfjz4da>.
- [20] LUOMALA P. (2020), *"The different phases of BIM adoption in Europe"*, <https://tinyurl.com/y9lr4njp>.

OSSERVATORIO

- [21] SAMPAIO A.Z., LOZANO-DIEZ R.V. (2020), "BIM short course for construction industry professionals", ABE – Advances in Building Education.
- [22] BIANCARDO S.A., VISCIONE N., ORETO C., VEROPALUMBO R., ABBONDATI F. (2020), "BIM approach for modeling airports terminal expansion", Infrastructures, 5, 41.
- [23] ABBONDATI F., BIANCARDO S.A., PALAZZO S., CAPALDO F.S., VISCIONE N. (2020), "I-BIM for existing airport infrastructures", Transportation Research Procedia, 45, 596-603.
- [24] BIANCARDO S.A., RUSSO F., VEROPALUMBO R., VOROBOJAS V., DELL'ACQUA G. (2020), "Modeling roman pavements using heritage-BIM: a case study in Pompeii", The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 15, 3, 34-46.
- [25] FABOZZI S., BIANCARDO S.A., VEROPALUMBO R., BILOTTA E. (2021), "I-BIM based approach for geotechnical and numerical modelling of a conventional tunnel excavation", Tunnelling and Underground Space Technology, 108, 103723.
- [26] TRBOVICH A.S., Vučković A., Drašković B. (2020), "Industry 4.0 as a lever for innovation: review of Serbia's potential and research opportunities", Ekonomika Preduzeća, 68(1-2), 105-120.
- [27] D'ACIERTO L., GALLO M., MONTELLA B., PLACIDO A. (2012), "Analysis of the interaction between travel demand and rail capacity constraints", WIT Transactions on the Built Environment, 128, 197-207.
- [28] ERCOLANI M., PLACIDO A., D'ACIERTO L., MONTELLA B. (2014), "The use of microsimulation models for the planning and 16 Journal of Advanced Transportation management of metro systems", WIT Transactions on the Built Environment, 135, 509-521.
- [29] D'ACIERTO L., PLACIDO A., BOTTE M., MONTELLA, B. (2016), "A methodological approach for managing rail disruptions with different perspectives", International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 10, 80-86.
- [30] BOTTE M., DI SALVO C., CAROPRESO C., MONTELLA B., D'ACIERTO L. (2016), "Defining economic and environmental feasibility thresholds in the case of rail signalling systems based on satellite technology", Proceedings of the 16th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering 2016 (EEEIC 2016), June 7-10, 2016, Florence, Italy.
- [31] D'ACIERTO L., BOTTE M., GALLO M., MONTELLA B. (2018), "Defining reserve times for metro systems: an analytical approach", Journal of Advanced Transportation, 5983250.
- [32] D'ACIERTO L., BOTTE M., PIGNATIELLO G. (2019), "A simulationbased approach for estimating railway capacity", International Journal of Transport Development and Integration, 3(3), 232-244.
- [33] McAULEY B., HORE A., WEST R. (2017), "Global BIM Study - Lessons for Ireland's BIM Programme", Construction IT Alliance (Cita).
- [34] REDAELLI R., SATTAMINO P. (2018), "Il BIM applicato alle infrastrutture: il modello collaborativo integrato, Strade&Autostrade. 129(3), 98-105.
- [35] BALL M. (2015), "On the Fast Track: High Speed 2 Uses BIM to Connect Cities Across the UK", <https://tinyurl.com/y3jhlsjd>.
- [36] BibLus Accasoftware (2018), "BIM in Europe: Germany's public plan for 2015/2020 and pilot projects for roads and railways", <https://tinyurl.com/y22x2rf8>.
- [37] BENSALAH M., ELOUADI A., MHARZI H. (2018), "Overview: The opportunity of BIM in railway", Smart and Sustainable Built Environment, <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SASBE-11-2017-0060/full/pdf?title=overview-the-opportunity-of-bim-in-railway>.
- [38] Howling Pixel (2019), "Schuman-Josaphat tunnel", <https://tinyurl.com/y5z7w52j>.
- [39] NUTTENS T., DE BREUCK V., CATTOR R., DECOCK K., HEMERYK I. (2018), "Using Bim Models For The Design Of Large Rail Infrastructure Projects: Key Factors For A Successful Implementation", International Journal of Sustainable Development and Planning, 13(1), 73-83.
- [40] NEVES J., SAMPAIO Z., VILELA M. (2019), "A case study of BIM implementation in rail track rehabilitation", Infrastructures, 4(1).
- [41] ABBONDATI F., BIANCARDO S.A., SICIGNANO G. (2020), "BIM parametric modelling of a railway underpass", Ingegneria Ferroviaria, 75(6), 443.
- [42] Rail Baltica (2019), "RB Rail's BIM documentation", <https://www.railbaltica.org/rb-rail-as-bim-documentation/>.
- [43] European Parliament (2014), Directive 2004/18/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004,

OSSERVATORIO

on the “coordination of procedures for the award of public works contracts, public supply contracts and public service contracts”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0018&from=IT>.

- [44] O' MALLEY A. (2021), “BIM adoption in Europe: 7 countries compared”, <https://www.planradar.com/gb/bim-adoption-in-europe/>.
- [45] Presidente della Repubblica (2016), Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50 “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”, https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2016-04-19&atto.codiceRedazionale=16G00062.
- [46] Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti (2017), “Decreto Ministeriale n. 560 del 01/12/2017”, <https://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/normativa/2018-01/Decreto%20Ministro%20MIT%20n.%20560%20del%201.12.2017.pdf>.
- [47] Presidente della Repubblica (2021), Decreto-Legge 31 maggio 2021, n. 77. “Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure”, <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2021/05/31/21G00087/sg>.
- [48] Ministro delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile (2021), Decreto Ministeriale n. 312 del 02/08/2021, https://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/normativa/2021-08/DM_2021-08-02_BIM.pdf.
- [49] MINNUCCI G., ALFIERI E. (2021), “openBIM for Rail: stato del BIM nel settore ferroviario in Italia”. iBIMi – building-SMART Italy.
- [50] HŽ Infrastructure LLC (2013), “Construction of a New Railway Line for Suburban Traffic on Section Gradec-Sveti Ivan Žabno – Feasibility Study with Cost-Benefit Analysis”, available at: <https://eng.hzinfra.hr/?p=1782>.
- [51] HŽ Infrastruktura (2020), “The Croatian Railway Network”. Available at: <https://tinyurl.com/y8pbhgkv>.
- [52] Leksikografski zavod Miroslav Krleža (2019), “Hrvatska Tehni ka Enciklopedija, “Željeznica”, available at: <https://tinyurl.com/ydcybo3x>.
- [53] STIPETIĆ A. (1999), “Infrastruktura Željezni kog Prometa”, available at: <https://www.bib.irb.hr/63382>.
- [54] MIKULIĆ J., STIPETIĆ A. (1999), “Željezničkog Pružne Građevine: projektiranje, izgradnja i održavanje, Zagreb: Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb”.
- [55] DELL'ACQUA G., GUERRA DE OLIVIERA S., BIANCARDO S.A. (2018), “Railway-BIM: Analytical review, data standard and overall perspective”, Ingegneria Ferroviaria, 73(11), 901-923.



Costruzioni Linee Ferroviarie



SITEC
INFRASTRUTTURE



**il futuro corre su binari sicuri
dal 1945**

CLF con le società controllate, Sifel, Tes e Sitec ha raggiunto, in oltre mezzo secolo di storia, un elevato grado di specializzazione nella progettazione, manutenzione e realizzazione di nuove linee ferroviarie, tranviarie e metropolitane in Italia e all'estero.

La forza che spinge CLF verso lo sviluppo è la conoscenza di tutto il processo sia nel campo delle infrastrutture che nel settore del materiale rotabile.



Strukton
Rail



NUOVA EDIZIONE DEL CIFI

Francesco BOCCHIMUZZO LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PUBBLICI NELLE FERROVIE Volume I - Le regole generali

L'attuale codice degli appalti disciplina la programmazione, la progettazione, gli affidamenti e l'esecuzione dei contratti relativi a servizi, forniture e lavori pubblici, anche in applicazione delle Direttive Comunitarie emesse, in particolare per gli affidamenti degli appalti, a partire dagli anni '90 del secolo scorso.

Ma non è sempre stato così. Infatti, è solo a partire dal 1994, anno di emanazione della legge Merloni, che sono state ricomprese in un unico dispositivo le regole per la programmazione, la progettazione, l'affidamento e l'esecuzione dei lavori pubblici, precedentemente, a partire dalla prima legge sui lavori pubblici del 1865, contenute in separati filoni legislativi e regolamentari.

La prima linea ferroviaria (la Napoli-Portici) fu realizzata in Italia nel 1839, mentre altri duemila chilometri erano in esercizio (e almeno altrettanti in costruzione) nel 1865, anno di promulgazione della prima legge sui lavori pubblici, che, comunque, salvaguardava le "strade ferrate" dall'applicazione delle nuove regole.

A ciò aggiungasi la storica e altrettanto datata peculiarità del settore ferroviario che ha resistito per oltre un secolo, essendo oggi ritrovabile all'interno del Codice quale appannaggio dei cosiddetti settori speciali, e riservata sostanzialmente ai soli affidamenti sotto-soglia e alla esecuzione dei lavori, pure con qualche eccezione, mentre anche la progettazione risulta ormai regolamentata per il settore ferroviario, sempre in quanto appartenente ai settori speciali, in modo indistinto e senza specifiche particolarità per le ferrovie.

Ecco quindi che, negli ultimi decenni, il panorama delle pubblicazioni CIFI si è trovato sprovvisto di testi di orientamento che aiutassero il lettore a districarsi all'interno delle più recenti regole intervenute a disciplinare, tra le altre, anche le fasi della progettazione, a sua volta incrementatasi nella sua complessità per effetto dell'aggiornamento e della implementazione dei filoni legislativi interconnessi quali quelli disciplinanti l'ambiente, il paesaggio e il territorio nel suo complesso.

Ed è in questo contesto di intervenuta e naturale obsolescenza degli storici testi di cultura e formazione ferroviaria che molti ricorderanno (La Guardia, Parlavecchia, Taramasso...), che si colloca questo testo, concepito con l'ambizione di servire da riferimento e guida per la comprensione dell'intero ciclo realizzativo di un'opera ferroviaria: la programmazione, la progettazione, le autorizzazioni, gli affidamenti, l'esecuzione, il collaudo e la messa in esercizio.

Un... manuale prima dei manuali... così come definito dallo stesso autore per dare l'idea della necessità di approfondire successivamente nel dettaglio ogni singola tematica, e per mettere comunque in grado il lettore di aggiornare



autonomamente il proprio bagaglio di conoscenze, mano a mano che intervengono le immancabili modifiche/aggiornamenti dei vari filoni legislativi e regolamentari trattati, senza perdere l'orientamento e la padronanza a carattere generale dell'intero processo, e sapendo anche dare la giusta collocazione e considerazione a ogni nuova disposizione.

In questo Volume I – Le Regole Generali, viene quindi ripercorsa sia una rigorosa ricostruzione storica del comincio organizzativo e regolamentare delle ferrovie nel loro complesso, per dare ragione ed evidenza della evoluzione delle specificità tipiche del settore fin dalla nascita, sia la contestuale evoluzione del contesto legislativo nei vari filoni interessati e interessanti i lavori pubblici: ambiente, paesaggio, territorio e uso del suolo, sicurezza, autorizzazioni, espropri, conferenze di servizi. Dall'idea, al progetto pronto per essere messo in gara per l'affidamento.

Nel Volume II – La Gestione Esecutiva, di prossima pubblicazione, verranno poi trattate le fasi che, partendo dalla gara di appalto, si svilupperanno con l'esecuzione vera e propria e il collaudo e la messa in esercizio dell'opera.

Formato cm 24 x 17, 398 pagine in quadricromia. Prezzo di copertina € 38,00.

Sconto del 20% ai soci CIFI e/o agli abbonati alla Rivista "La Tecnica Professionale". Per sconti, spese di spedizione e modalità d'acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella rivista "La Tecnica Professionale".