



## Gestione informativa digitale delle costruzioni ferroviarie: analisi comparativa di tecnologie per la modellazione BIM

### *Digital information management of railway constructions: comparative analysis of technologies for BIM modeling*

Salvatore Antonio BIANCARDO <sup>(\*)</sup>

Leonardo ZITO <sup>(\*\*)</sup>

Ada FRASCARINO <sup>(\*\*\*)</sup>

Mattia INTIGNANO <sup>(\*)</sup>

Francesca DI FONZO <sup>(\*)</sup>

Francesco ABBONDATI <sup>(\*\*\*\*)</sup>

Gianluca DELL'ACQUA <sup>(\*)</sup>

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.0708.2024.ART.2>)

**Sommario** - Date la natura multidisciplinare caratterizzante il BIM e l'eterogeneità degli stakeholders coinvolti nello sviluppo di un'opera, si intuisce come la metodologia BIM non sia applicabile senza la collaborazione di tutte le parti coinvolte e, quindi, senza un sistema digitale che consenta l'interazione tra queste ultime. L'interoperabilità in un processo BIM si basa dunque sulla possibilità di utilizzare codici di calcolo derivanti da diverse *software houses*, garantendo la trasversalità dei modelli informativi, preservandone completezza e modificabilità dei dati. Nel panorama dei software utilizzabili, si può attualmente constatare in Europa Continentale e nel nord Europa un crescente utilizzo di Trimble Novapoint, che utilizza codici di calcolo più recenti rispetto ad altri competitor, unitamente a Trimble Quadri per la condivisione e la fruibilità delle informazioni. Con lo scopo di evidenziare limiti e vantaggi derivanti dall'uso di Novapoint & Quadri, il presente articolo descrive lo sviluppo del modello BIM del tronco ferroviario "Variante Villammare", previsto dallo studio di fattibilità di Italferr S.p.A., nella tratta Ogliastro - Sapri. Per la valutazione in termini di interoperabilità, l'analisi di tale codice è stata eseguita in comparazione con il più noto *Open Rail Designer* (Bentley BIM Authoring).

**Summary** - Given the multidisciplinary nature characterizing BIM and the heterogeneity of the stakeholders involved in the development of a facility project, the BIM methodology cannot be applied without the collaboration of all the parties involved and without a digital system that allows the interaction between all the subjects. The interoperability in a BIM process is therefore based on the use of calculation codes deriving from different software houses, guaranteeing the transversality of the information models, preserving completeness and modifiable data. In the panorama of software that can be used, can currently be seen in Continental Europe and Northern Europe a growing use of Trimble Novapoint which uses more recent calculation codes compared to other competitors, together with Trimble Quadri for the sharing and usability of information. With the aim of highlighting the limits and advantages deriving from the use of Novapoint & Quadri, this article describes the development of the BIM model of the "Variante Villammare" railway section, foreseen by the feasibility study of Italferr S.p.A. in the Ogliastro - Sapri section. For the evaluation in terms of interoperability, the analysis of this code was performed in comparison with the more well-known *Open Rail Designer* (Bentley BIM Authoring).

<sup>(\*)</sup> VIASTRATA spin-off, Università di Napoli Federico II, Italia.

<sup>(\*\*)</sup> DICEA, Università di Napoli Federico II, Italia.

<sup>(\*\*\*)</sup> Harpaceas S.r.l., Italia.

<sup>(\*\*\*\*)</sup> Università di Napoli Parthenope, Dipartimento di Ingegneria, Italia.

<sup>(\*)</sup> VIASTRATA spin-off, University of Napoli Federico II, Italy.

<sup>(\*\*)</sup> DICEA, University of Napoli Federico II, Italy.

<sup>(\*\*\*)</sup> Harpaceas S.r.l., Italy.

<sup>(\*\*\*\*)</sup> University of Naples Parthenope, Department of Engineering, Italy.

## 1. Introduzione

Le infrastrutture lineari, a differenza delle strutture a sviluppo “verticale” o “puntuale”, si estendono su distanze molto lunghe, interagendo con terreni molto eterogenei e con altre strutture ed infrastrutture dislocate sul territorio: ciò comporta una maggiore complessità delle relazioni che sussistono tra l’opera da realizzare e il contesto in cui essa deve sorgere [1]. In termini di processo, l’innovazione del BIM per le infrastrutture viene percepita in maniera evidente già nella fase di programmazione strategica di un’opera con il coinvolgimento di stakeholders di ampio respiro: oltre che committenza ed imprese esecutrici riguarda enti ed istituzioni territoriali, produttori di componenti e software, gestori di servizi, università, centri di ricerca. Da cui, il ritardo evolutivo del BIM infrastrutturale rispetto al settore edilizio [2].

Tuttavia, proprio per questa sua maggiore interdipendenza con il contesto geologico e strutturale preesistente, si intuisce come lo sviluppo di *digital twins* [3] attraverso un sistema I-BIM (*Infrastructure Building Information Modeling*) possa essere la nuova frontiera per la gestione dell’intero ciclo di vita non solo di singole strutture ma di sistemi complessi caratterizzati dall’interazione di strutture, servizi, morfologia territoriale, geologia e idrogeologia del terreno [4][5].

L’interoperabilità può essere garantita sfruttando diverse misure e metodologie sviluppate nel corso degli anni. Tra queste, sicuramente le più importanti sono l’adozione dell’IFC come formato per la diffusione dell’open BIM e la definizione del CDE (*Common Data Environment*) all’interno del processo di gestione dei dati informativi.

IFC sta per Industry Foundation Classes ed è il formato utilizzato per lo scambio e la diffusione dei modelli informativi tra sistemi di gestione di dati appartenenti a diverse case produttrici, introdotto da bSI (*buildingSMART International*), associazione no-profit per la diffusione e lo sviluppo del BIM. La multidisciplinarietà caratterizzante il BIM e la realizzazione dell’opera da parte di diversi soggetti, comporta quasi sempre l’utilizzo di sistemi informativi appartenenti a case produttrici diverse, e quindi di modelli con formati diversi (.dgn, .dwg, .quadrimodel, etc). In un contesto di questo tipo, senza l’instaurazione di un formato comune e non proprietario come l’IFC, sarebbe praticamente impossibile consentire un utilizzo esauriente di un modello (o parte di esso) realizzato da un soggetto con un certo sistema di gestione dei dati, da parte di un altro soggetto che utilizza un altro sistema di gestione dei dati.

Uno schema IFC è composto da quattro livelli: *domain*, *interop*, *core* e *resource*. 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 [6] [7]. Oramai da vari anni gli standard IFC soddisfano le esigenze dei professionisti per progetti puntuali, mentre per le opere lineari il processo è stato più tortuoso: solo molto recentemente, con la ratificazione ufficiale dell’IFC

## 1. Introduction

*Linear infrastructures, unlike “vertical” or “punctual” development structures, extend over very long distances, interacting with very heterogeneous terrain and with other structures and infrastructures located throughout the territory: this entails a greater complexity of the relationships that exist between the work to be carried out and the context in which it must arise [1]. In terms of process, the innovation of BIM for infrastructures is clearly perceived already in the strategic planning phase of a work with the involvement of wide-ranging stakeholders: as well as clients and executing companies, it concerns territorial bodies and institutions, component and software manufacturers, service managers, universities, research centers. Hence, the evolutionary delay of infrastructural BIM compared to the construction sector [2].*

*However, precisely because of this greater interdependence with the pre-existing geological and structural context, the development of digital twins [3] through an I-BIM (Infrastructure Building Information Modeling) system could be the new frontier for the management of the entire life cycle not only of individual structures but of complex systems characterized by the interaction of structures, services, territorial morphology, geology and hydrogeology of the terrain [4][5].*

*Interoperability can be guaranteed by exploiting different measures and methodologies developed over the years. Among these, certainly the most important are the adoption of IFC as a format for the diffusion of open BIM and the definition of the CDE (Common Data Environment) within the information data management process.*

*IFC stands for Industry Foundation Classes and is the format used for the exchange and dissemination of information models between data management systems belonging to different manufacturers, introduced by bSI (buildingSMART International), a non-profit association for the dissemination and development of BIM. The multidisciplinary characterizing BIM and the creation of the work by different subjects almost always involves the use of information systems belonging to different manufacturers, and therefore models with different formats (.dgn, .dwg, .quadrimodel, etc). In a context of this type, without the establishment of a common and non-proprietary format such as IFC, it would be practically impossible to allow exhaustive use of a model (or part of it) created by an entity with a certain data management system, by another entity using another data management system.*

*An IFC schema is composed of four layers: domain, interop, core and resource. This structure allows you to store geometric information, characteristics and attributes of a work, but also relationships, processes and abstract concepts such as cost and performance [6][7]. For several years now, the IFC standards have satisfied the needs of professionals for “punctual” projects, while for linear works the process has been more tortuous: only very recently, with the official ratification of IFC 4.3 by the ISO, we have begun to find a level of maturation comparable to that of “vertical” works.*

4.3 da parte dell'ISO, si comincia a riscontrare un livello di maturazione comparabile a quello delle opere "verticali".

Il tortuoso processo di compensazione di tale gap è stato portato avanti in questi anni da bSI attraverso diversi studi, in particolare attraverso:

- 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 (IFC sviluppate per specifici contesti progettuali, tra cui IFC Road, IFC Bridge, IFC Tunnel, IFC Port, IFC Airport) [6][7];
- il progetto IFC Rail, che ha fornito una lista di requisiti come input per lo standard IFC 4.3. Questa lista include la sopraelevazione, la geometria lineare (planimetrica ed altimetrica), la struttura spaziale degli elementi costruiti (come binari, segnalamento, telecomunicazioni, energia) [6][7].

Il 4 gennaio 2024 bSI ha annunciato che ISO ha approvato lo standard IFC 4.3 come ultimo standard ufficiale della ISO 16739 [8].

Con la nuova versione IFC 4.3 il settore delle costruzioni compie un notevole salto in avanti verso la digitalizzazione delle infrastrutture in formati openBIM. Diventa possibile generare modelli IFC 4.3 di infrastrutture esistenti: grazie alle tecnologie di rilievo digitale (laser scanner, lidar, droni e fotogrammetria) diventa possibile applicare processi di "Scan To BIM", ossia operazioni di *reverse engineering*, che consentono di ricreare modelli digitali in formati standard aperti (openBIM) anche per le infrastrutture. Si tratta di un passo in avanti molto atteso, che finalmente agevola l'interoperabilità tra BIM verticale (edifici) e BIM orizzontale, estendendo l'utilizzo del formato IFC e i benefici dell'openBIM, anche alle infrastrutture [9][10][11].

Inoltre, con le versioni precedenti dell'IFC era necessario seguire strade molto tortuose per condividere, sia in ambiente BIM che in ambiente GIS, modelli di infrastrutture. Per esportare i modelli BIM di strade, ferrovie e sottoservizi era necessario generare dei solidi, per poi associare manualmente tutte le informazioni necessarie, prima di esportare nel formato aperto IFC. Con la nuova versione del formato si visualizzano correttamente i modelli infrastrutturali sia in ambiente BIM che in ambiente GIS. In tal senso si evidenzia l'applicazione pratica consistente nell'esportazione in IFC 4.3 di un progetto stradale eseguito mediante Autodesk Civil 3D verso ESRI ArcGIS Pro: sia la strada che il ponte vengono riconosciuti e posizionati correttamente evidenziando come i modelli BIM esportati in IFC 4.3 contengono tutte le informazioni associate, e sono georeferenziati [12][13].

## 2. Quadro normativo e legislativo allo stato dell'arte

La metodologia BIM è attualmente utilizzata in Italia, in Europa e, più in generale a livello internazionale, secondo leggi e normative che si sono delineate nel tempo.

*The tortuous process of compensating this gap has been carried out in recent years by bSI through various studies, through:*

- *the IFC Infra Overall Architecture project which defines the general principles to be followed by all extensions of the standard relating to individual infrastructural areas, such as railways, highways, ports (IFCs developed for specific project contexts, including IFC Road, IFC Bridge, IFC Tunnel, IFC Port, IFC Airport) [6][7].*
- *the IFC Rail project, which provided a list of requirements as input to the IFC 4.3 standard. This list includes cant, linear geometry (planimetric and altimetric), spatial structure of built elements (such as tracks, signaling, telecommunications, energy) [6][7].*

*On January 4th 2024 bSI announced that ISO has approved the IFC 4.3 standard as the final official standard of ISO 16739 [8].*

*With the new IFC 4.3 version the construction sector takes a notable leap forward towards the digitalization of infrastructures in openBIM formats. It becomes possible to generate IFC 4.3 models of existing infrastructures: thanks to digital survey technologies (laser scanners, lidar, drones and photogrammetry) it becomes possible to apply "Scan To BIM" processes, i.e. reverse engineering operations, which allow you to recreate digital models in open standard formats (openBIM) also for infrastructures. This is a long-awaited step forward, which finally facilitates interoperability between vertical BIM (buildings) and horizontal BIM, extending the use of the IFC format and the benefits of openBIM, also to infrastructures [9][10][11].*

*Furthermore, with previous versions of the IFC it was necessary to follow very tortuous paths to share infrastructure models, both in a BIM and GIS environment. To export BIM models of roads, railways and underground facilities it was necessary to generate solids, and then manually associate all the necessary information, before exporting to the open IFC format.*

*With the new version of the format, infrastructure models are correctly displayed in both the BIM and GIS environments. In this sense, the practical application consisting in the export of a road project carried out using Autodesk Civil 3D to ESRI ArcGIS Pro in IFC 4.3 is highlighted: both the road and the bridge are recognized and positioned correctly, highlighting how the BIM models exported in IFC 4.3 they contain all the associated information, and are georeferenced [12][13].*

## 2. State-of-the-art regulatory and legislative framework

*The BIM methodology is currently used in Italy, Europe and, more generally at an international level, according to laws and regulations that have emerged over time. It is possible to describe, on the one hand, what were the laws that progressively led to the adoption of BIM in Italy and, on the*

È possibile descrivere, da un lato, quali sono state le leggi che hanno portato progressivamente all'adozione del BIM in Italia e, dall'altro, lo sviluppo normativo sull'uso tecnico del BIM in Italia.

Di seguito si riportano in modo cronologico e succinto le principali disposizioni di legge che hanno portato ad una progressiva adozione del BIM in Italia.

- Direttiva UE 24/2014. Tale direttiva consente agli stati membri dell'UE di richiedere, nei contratti degli appalti pubblici, l'uso del BIM o di metodologie simili.
- D.lgs. 50/2016 (Codice dei Contratti Pubblici) Art. 23. Si recepisce appieno la direttiva UE 24/2014 promuovendo l'uso di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni per la partecipazione alle gare d'appalto per lavori pubblici.
- D.M. 560/2017. Definisce le scadenze (differenziate in base ai costi complessivi dell'opera) per l'introduzione di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni obbligatoriamente alla base dei contratti pubblici.
- D.L. 77/2021 (Decreto Semplificazioni). Le stazioni appaltanti possono definire un punteggio bonus, nelle gare d'appalto, per le aziende che decidono di implementare metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni per la realizzazione dell'opera.
- D.M. 312/2021 modifica ed integra il D.M. 560/2017. Infatti: elimina, per i lavori di manutenzione ordinaria, l'obbligatorietà di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni negli appalti pubblici; dà la possibilità di introdurre, nelle gare d'appalto per contratti pubblici, un punteggio bonus per le compagnie che decidono di utilizzare criteri e metodi digitali che consentono alle stazioni appaltanti di monitorare in tempo reale l'avanzamento dei lavori e i costi sostenuti; varia le soglie dei costi complessivi dell'opera discriminanti per l'obbligatorietà nell'uso di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni.
- D.lgs. 36/2023 (Nuovo Codice dei contratti pubblici) che riorganizza e accorpa quanto espresso nei decreti precedenti, apportando alcune implementazioni e modifiche. In particolare:
  - secondo l'art. 43 del Nuovo Codice si prevede l'obbligatorietà nell'uso del BIM non più secondo una specifica linea temporale con diverse soglie, ma secondo un'unica soglia ad un'unica data: a decorrere dal 1° Gennaio 2025, per la progettazione e realizzazione di opere di nuova costruzione o per interventi su strutture esistenti, le Stazioni appaltanti o enti concedenti devono adottare metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni qualora l'importo a base di gara sia superiore ad 1 milione di euro. Tale obbligatorietà decade nel caso si tratti di interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria, salvo che questi ultimi non riguardino opere precedentemente eseguite con l'uso di tali metodologie [14];

other, the regulatory development on the technical use of BIM in Italy.

Below we report in a chronological and succinct way the main legal provisions that have led to the progressive adoption of BIM in Italy.

- EU Directive 24/2014. This directive allows EU member states to require the use of BIM or similar methodologies in public procurement contracts.
- Legislative Decree 50/2016 (Public Contracts Code) Art. 23. EU Directive 24/2014 is fully implemented by promoting the use of digital construction information management methods and tools for participation in public works tenders.
- MD 560/2017. It defines the deadlines (differentiated based on the overall costs of the work) for the introduction of digital information management methods and tools for constructions which are mandatory for public contracts.
- D.L. 77/2021 (Simplification Decree). Contracting authorities can define a bonus score, in tenders, for companies that decide to implement digital construction information management methods and tools for the realization of the work.
- MD 312/2021 modifies and integrates the Ministerial Decree 560/2017. In fact: it eliminates, for ordinary maintenance works, the mandatory use of digital construction information management methods and tools in public procurement; gives the possibility of introducing, in tenders for public contracts, a bonus score for companies that decide to use digital criteria and methods that allow contracting authorities to monitor the progress of the works and the costs incurred in real time; varies the thresholds of the overall costs of the work discriminating for the mandatory use of digital construction information management methods and tools.
- Legislative Decree 36/2023 (New Public Contracts Code) which reorganizes and merges what was expressed in the previous decrees, making some implementations and changes. In particular:
  - according to the art. 43 of the New Code provides for the mandatory use of BIM no longer according to a specific time line with different thresholds, but according to a single threshold on a single date: starting from 1 January 2025, for the design and construction of new construction works or for interventions on existing structures, the contracting authorities or granting bodies must adopt methods and tools for digital information management of constructions if the tender amount is greater than 1 million euros. This obligation lapses in the case of ordinary or extraordinary maintenance interventions, unless the latter concern works previously carried out with the use of these methodologies [14];
  - according to Annex I-9 of the New Code, contracting authorities that intend to adopt digital construction



- secondo l'Allegato I-9 del Nuovo Codice, le Stazioni appaltanti che intendono adottare metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni per gli appalti da concedere devono provvedere a:
  - attuare un Piano di formazione del personale su metodi e strumenti digitali di modellazione;
  - definire un piano di acquisizione e manutenzione di hardware e software per la gestione dei processi informativi;
  - redigere un atto organizzativo per la digitalizzazione del sistema di gestione dei processi nelle varie fasi procedurali dell'appalto;
  - predisporre piattaforme interoperabili con dati fruibili secondo formati aperti non proprietari;
  - nominare il gestore dell'ambiente di condivisione dei dati e il gestore dei processi digitali;
  - allegare, alla documentazione di gara in fase di affidamento, anche il Capitolato Informativo, ossia il documento che descrive i requisiti necessari per la produzione, gestione e condivisione dei contenuti informativi e i livelli di definizione di questi ultimi per ogni fase progettuale.

Per quanto concerne invece le norme tecniche sul BIM, viene introdotta in Italia nel 2009 la UNI 11337, antecedente quindi alla normativa principale di carattere internazionale ISO 19650 (2018). Grazie al Vienna Agreement sancito nel 2019, gli stati europei soddisfacenti sia le norme CEN che le norme ISO potevano adottare entrambi gli standard, e dunque nominare le rispettive leggi con l'acronimo EN ISO. Ecco, dunque, che nel 2019 la nuova norma tecnica di riferimento per l'Italia diventa l'UNI EN ISO 19650 al posto della UNI 11337. Tuttavia, data la mancanza di alcuni aspetti nella normativa ISO 19650 di riferimento, e dato che la normativa UNI 11337 soddisfaceva quasi del tutto le condizioni della ISO 19650, si è deciso di lasciare comunque in vigore l'UNI 11337, seppur in qualità di "Allegato Nazionale" alla UNI EN ISO 19650. Naturalmente si è specificato che, laddove la norma UNI 11337 sia in disaccordo con la UNI EN ISO 19650, bisogna attenersi alla norma UNI EN ISO 19650.

Tra le principali differenze fra l'UNI 11337 e la UNI EN ISO 19650 troviamo:

- Una terminologia diversa per alcuni soggetti interessati. Infatti, dovendo la ISO 19650 avere un carattere internazionale, non poteva far riferimento a specifici soggetti, in quanto le normative dei singoli paesi sono diverse tra loro, e quindi anche i soggetti coinvolti possono essere diversi. Dunque, le nomenclature usate nella ISO 19650 fanno riferimento ai soggetti e strumenti coinvolti in quanto adempienti ad un certo "incarico" o impegnati in una certa "funzione", senza definirne precisamente il nome. Ad esempio, per ciò che riguarda gli appalti, nella ISO si usano i termini "appointed party" e "appointing party", ossia di "parte designata"

*information management methods and tools for the contracts to be awarded must:*

- *implement a staff training plan on digital modeling methods and tools;*
- *define a hardware and software acquisition and maintenance plan for the management of information processes;*
- *draw up an organizational act for the digitalization of the process management system in the various procedural phases of the contract;*
- *prepare interoperable platforms with usable data according to open, non-proprietary formats;*
- *appoint the manager of the data sharing environment and the manager of digital processes;*
- *also attach the Information Specifications to the tender documentation in the awarding phase, i.e. the document that describes the requirements necessary for the production, management and sharing of information contents and the levels of definition of the latter for each project phase.*

*As regards the technical standards on BIM, UNI 11337 was introduced in Italy in 2009, therefore prior to the main international standard ISO 19650 (2018). Thanks to the Vienna Agreement sanctioned in 2019, European states satisfying both the CEN and ISO standards could adopt both standards, and therefore name their respective laws with the acronym EN ISO. Here, therefore, in 2019 the new reference technical standard for Italy becomes UNI EN ISO 19650 instead of UNI 11337. However, given the lack of some aspects in the reference ISO 19650 standard, and given that the standard UNI 11337 almost completely satisfied the conditions of ISO 19650, it was decided to leave UNI 11337 in force anyway, albeit as a "National Annex" to UNI EN ISO 19650. Naturally it was specified that, whereas the UNI 11337 standard disagrees with UNI EN ISO 19650, the UNI EN ISO 19650 standard must be followed.*

*Among the main differences between UNI 11337 and UNI EN ISO 19650 we find:*

- *Different terminology for some stakeholders. In fact, since ISO 19650 had an international character, it could not refer to specific subjects, as the regulations of individual countries are different from each other, and therefore the subjects involved can also be different. Therefore, the nomenclatures used in ISO 19650 refer to the subjects and tools involved as fulfilling a certain "task" or engaged in a certain "function", without precisely defining their name. For example, with regards to procurement, in the ISO the terms "appointed party" and "appointing party" are used, i.e. "designated party" and "designating party" rather than "contracting/entrusted company" and "contracting entity/client" as in UNI 11337, i.e. it is better to use more generic terms to define the subjects. For the same reason, in the ISO EIR is referred to as "Exchange Information Requirements" rather than as "Employer Information Requirements" which turned out to be too*

e “parte designante” piuttosto che di “Impresa appaltatrice/affidataria” e “ente appaltante/committente” come nella UNI 11337, ossia conviene usare termini più generici per definire i soggetti. Per lo stesso motivo, nella ISO si parla di EIR come “Exchange Information Requirements” (ossia “Requisiti di scambio delle informazioni”) piuttosto che come “Employer Information Requirements” (ossia “Requisiti informativi del datore di lavoro”) che risultava essere troppo specifico e adatto solo per alcuni paesi aventi una certa normativa.

Ancora, l'ambiente digitale in cui è possibile scambiare, aggiornare e condividere i modelli informativi (e più in generale le informazioni) prende il nome di CDE (Common Data Environment) mentre nella UNI 11337 si parla di ACDat (Ambiente Condivisione Dati).

- Tali CDE devono essere almeno due secondo la ISO 19650: uno gestito dalla parte designante (da preparare già in fase di gara d'appalto) e un altro gestito dalla parte designata.
- Nella ISO 19650 si parla di LOIN (Level Of Information Need) e non di LOD (Level Of Development) come nella UNI 11337. Per i LOIN si sottolinea:
  - come i modelli, nei diversi stadi di sviluppo di un progetto, possono portare informazioni non solo geometriche (LOG) ma anche testuali (DOC) e alfanumerici (LOI);
  - che non sono previste delle scale specifiche corrispondenti ai diversi livelli di sviluppo di un progetto.

## 3. Contesto programmatico di sviluppo del modello

### 3.1. Lo studio di fattibilità del 2005

Uno studio di fattibilità RFI del 2005, con lo scopo di migliorare le tempistiche di percorrenza tra Roma e Reggio Calabria, individuava cinque corridoi candidati per il collegamento AV/AC (Alta Velocità/Alta Capacità) Battipaglia-Reggio Calabria (Fig. 1):

- Un “Corridoio Tirrenico”.
- Un “Corridoio Autostradale”.
- Un “Corridoio Ionico”.
- Un corridoio misto “Autostradale + Ionico”.
- Un corridoio misto “Tirrenico + Ionico”.

Tale studio del 2005, a seguito di un'analisi multicriteria eseguita su tali 5 corridoi, individuava nel Corridoio Tirrenico la migliore soluzione. Tuttavia, a seguito di numerosi dibattiti pubblici, a causa della molteplicità di interessi contrastanti dei numerosissimi stakeholders coinvolti (i tanti comuni della costa tirrenica del Parco Nazionale del Cilento, enti di tutela ambientale, etc.) e alla complessità del progetto, la soluzione del Corridoio Tirrenico è stata poi successivamente accantonata in favore del Corridoio autostradale, di cui sono stati eseguiti (in

*specific and only suitable for some countries having a certain regulation.*

*Furthermore, the digital environment in which it is possible to exchange, update and share information models (and more generally information) is called CDE (Common Data Environment) while in UNI 11337 we talk about ACDat (Data Sharing Environment).*

- *These CDEs must be at least two according to ISO 19650: one managed by the designating party (to be prepared already in the tender phase) and another managed by the designated party.*
- *In ISO 19650 we talk about LOIN (Level Of Information Need) and not LOD (Level Of Development) as in UNI 11337. For LOIN we underline:*
  - *how models, in the different stages of development of a project, can bring not only geometric (LOG) but also textual (DOC) and alphanumeric (LOI) information;*
  - *that there are no specific scales corresponding to the different levels of development of a project.*

## 3. Programmatic context of model development

### 3.1. The feasibility study of 2005

*A feasibility study of 2005, with the aim of improving travel times between Rome and Reggio Calabria, identified five candidate corridors for the connection HS/HC (High Speed/High Capacity) Battipaglia - Reggio Calabria (Fig. 1):*

- *A “Tyrrhenian Corridor”.*
- *An “Highway Corridor”.*
- *An “Ionic Corridor”.*
- *A mixed “Highway + Ionic” corridor.*
- *A mixed “Tyrrhenian + Ionic” corridor.*

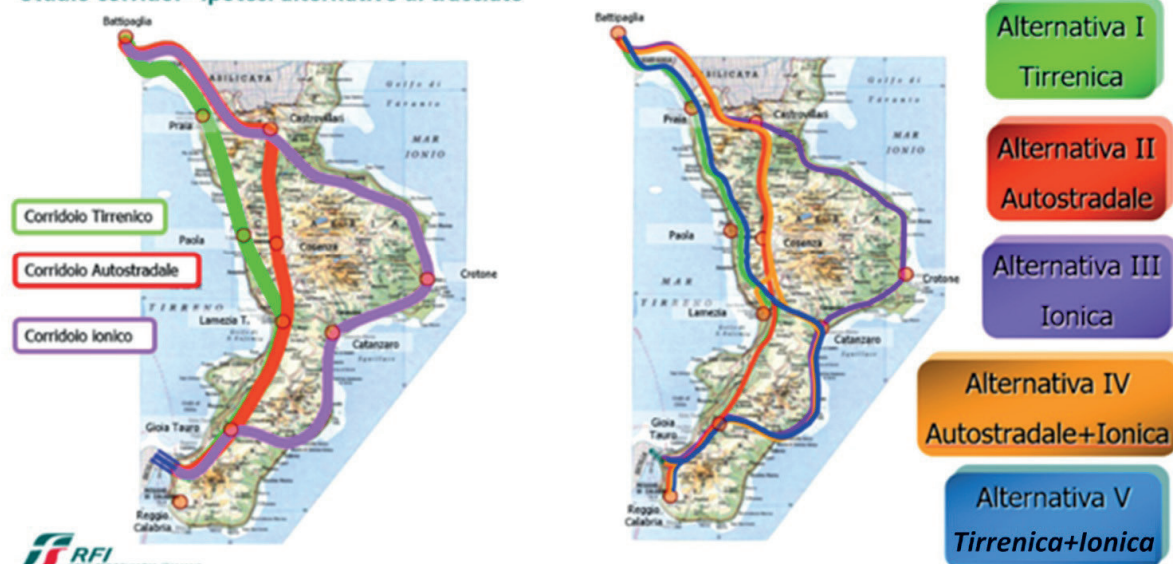
*This 2005 study, following a multi-criteria analysis carried out on these 5 corridors, identified the Tyrrhenian Corridor as the best solution. However, following numerous public debates, due to the multiplicity of conflicting interests of the numerous stakeholders involved (the many municipalities of the Tyrrhenian coast of the Cilento National Park, environmental protection bodies, etc.) and the complexity of the project, the solution of The Tyrrhenian Corridor was then subsequently set aside in favor of the Highway Corridor, for which a more recent feasibility study by Italferr (issue December 2021) [16] and a Public Debate (2022) [17] were carried out (regarding the Battipaglia – Romagnano section). Following the latter, a tender was finally launched with Extraordinary Government Commissioner Vera Fiorani, CEO and General Director of R.F.I. in 2021-2022.*

### 3.2. The feasibility study of 2011

*In continuity with the study of 2005, in the 2007-2011 Program Contract between the M.I.T. (Ministry of Infra-*

## NUOVA LINEA AV Battipaglia – R. Calabria - Studio di Fattibilità 2005

Studio corridoi - Ipotesi alternative di tracciato



## NEW HIGH-SPEED RAILWAYLINE BATTIPAGLIA-R.CALABRIA - 2005 FEASIBILITY STUDY

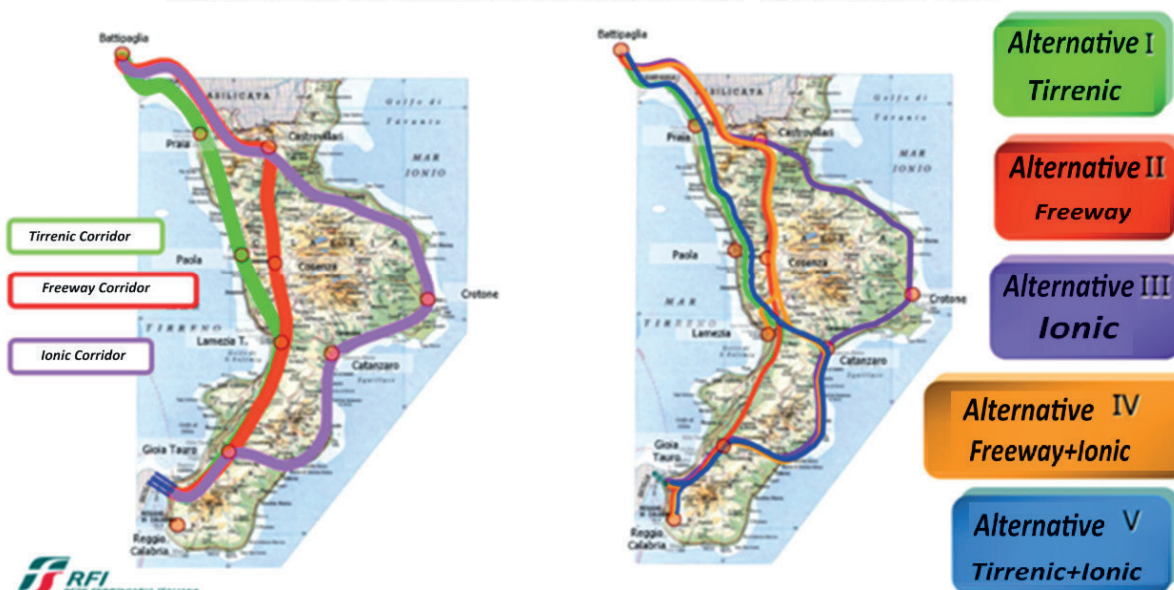


Figura 1 - Corridoi candidati per il miglioramento del collegamento Battipaglia-Reggio Calabria [15].

Figure 1 - Candidate corridors for the improvement of the Battipaglia-Reggio Calabria connection [15].

merito al tratto Battipaglia – Romagnano) un più recente studio di fattibilità da parte di Italferr (emissione Dicembre 2021) [16] e un Dibattito Pubblico (2022) [17]. A valle di questi ultimi è stato infine indetta una gara d'appalto con Commissario Straordinario di Governo Vera Fiorani, AD e Direttrice Generale di RFI nel 2021-2022.

structure and Transport) and R.F.I. (Italian Railway Network) S.p.A. the “Battipaglia - Reggio Calabria expansion: Ogliastro - Sapri variant” intervention was envisaged, as the subject of a feasibility study carried out by Italferr S.p.A. commissioned by R.F.I. [15]. The intervention consisted of quadrupling the Ogliastro - Sapri section, i.e. the construc-



## 3.2. Lo studio di fattibilità del 2011

In continuità con lo studio del 2005, nel Contratto di Programma 2007-2011 tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ed R.F.I. (Rete Ferroviaria Italiana) S.p.A. era previsto l'intervento di "Potenziamento Battipaglia - Reggio Calabria: Variante Ogliastro - Sapri", oggetto di uno studio di fattibilità eseguito da Italferr S.p.A. su commissione di R.F.I. [15]. L'intervento consisteva nel quadruplicamento della tratta Ogliastro - Sapri, ossia la realizzazione di una nuova coppia di binari con caratteristiche prestazionali superiori alla linea esistente lungo il corridoio Tirrenico, con lo scopo di ridurre sensibilmente i tempi di percorrenza nel tratto in questione al fine di ottenere un miglioramento sulla relazione Roma - Reggio Calabria.

Questo studio del 2011, essendo caratterizzato da numerosi dati interessanti, è stato utilizzato come caso studio per indagare le potenzialità di cui un progettista può disporre utilizzando il codice di calcolo Trimble Quadri-Novapoint nell'ambito di infrastrutture ferroviarie.

La soluzione del Corridoio Tirrenico prevedeva 3 possibili alternative al fine di essere realizzato:

- 1) Una nuova linea AV/AC lungo l'intera direttrice.
- 2) Una nuova linea Battipaglia-Sapri (ritenuto intervento prioritario) + upgrading e velocizzazione della tratta Sapri - Reggio Calabria.
- 3) Un potenziamento della tratta Battipaglia - Ogliastro (già oggi con livelli prestazionali adeguati) + quadruplicamento fuori sede della tratta Ogliastro - Sapri (tratta con i maggiori problemi di prestazioni di tutta la direttrice) + upgrading e velocizzazione della tratta Sapri - Reggio Calabria.

A fronte di un costo complessivo nettamente inferiore e ad un minor impatto sul territorio rispetto alle prime due alternative, la terza ipotesi progettuale, cosiddetta "ottimizzata", non presenta colli di bottiglia della capacità (anche in coerenza con le previsioni di traffico stimate per il Ponte sullo Stretto di Messina) e presenta un tempo di percorrenza sulla relazione Roma - Reggio Calabria di circa 4h 15'. Tale tempistica migliorerebbe di circa 35 minuti il tempo di percorrenza sull'infrastruttura attuale, in particolare così ripartiti:

- 1' di recupero con l'adeguamento del tratto di linea Battipaglia - Ogliastro;
- 17' di recupero con il quadruplicamento tra Ogliastro e Sapri;
- 17' di recupero con la riorganizzazione gestionale della tratta Sapri - Reggio Calabria.

Quindi, in prima istanza, il MIT si esprime favorevole a tale soluzione e ad i suoi sviluppi successivi.

Le soluzioni progettuali trovate per il corridoio tirrenico furono 3 (Fig. 2): soluzione A (blu), soluzione B (rossa), soluzione C (verde), nell'ordine riportato progressivamente più vicine alla linea storica. Le tre soluzioni terminano tutte nel-

tion of a new pair of tracks with performance characteristics superior to the existing line along the Tyrrhenian corridor, with the aim of significantly reducing travel times on the section in question to obtain an improvement on the Rome - Reggio Calabria relationship.

This 2011 study, being characterized by numerous interesting data, was used as a case study to investigate the potential that a designer can have using the Trimble Novapoint & Quadri calculation codes in the context of railway infrastructures.

The solution of the Tyrrhenian Corridor included 3 possible alternatives to be realized:

- 1) A new HS/HC line along the entire route.
- 2) A new Battipaglia - Sapri line (considered a priority intervention) + upgrading and speeding up of the Sapri - Reggio Calabria section.
- 3) An upgrade of the Battipaglia - Ogliastro section (already today with adequate performance levels) + off-site quadrupling of the Ogliastro - Sapri section (section with the greatest performance problems of the entire route) + upgrading and speeding up of the Sapri - Reggio Calabria section.

Faced with a significantly lower overall cost and a lower impact on the territory compared to the first two alternatives, the third design hypothesis, so-called "optimized", does not present capacity bottlenecks (also in line with the traffic forecasts estimated for the Bridge over the Strait of Messina) and has a travel time on the Rome - Reggio Calabria route of approximately 4h 15'. This timing would improve the travel time on the current infrastructure by approximately 35 minutes, broken down as follows:

- 1' of recovery with the adaptation of the Battipaglia - Ogliastro line section;
- 17' of recovery with the quadrupling between Ogliastro and Sapri;
- 17' of recovery with the management reorganization of the Sapri - Reggio Calabria route.

Therefore, in the first instance, M.I.T. expresses its support for this solution and its subsequent developments.

The design solutions found for the Tyrrhenian corridor were 3 (Fig. 2): solution A (blue), solution B (red), solution C (green), in the order shown progressively closer to the historical line. The three solutions all end in the same geographical point (km 53+219.464 solution A, km 55+185.00 solution B, km 57+186.613 solution C) and then reach Sapri through two possible variants: the Sapri variant (in brown) which connects directly to Sapri, and the Villammare variant (in purple) which connects to Sapri via a last section in common with the historic line (in black).

The model created consists of the "Villammare Variation" (Fig. 3), i.e. the stretch that goes from the meeting point of the three alternatives A, B and C to the connection point on the historical line for a total of 9+072 km. In particular, the route is double track and, for most of the route, in a tunnel



lo stesso punto geografico (km 53+219.464 soluzione A, km 55+185.00 soluzione B, km 57+186.613 soluzione C) per poi raggiungere Sapri attraverso due varianti possibili: la variante Sapri (in marroncino) che si collega direttamente a Sapri, e la variante Villammare (in viola) che si collega a Sapri mediante un ultimo tratto in comune con la linea storica (in nero).

Il modello realizzato consiste, in particolare, nella “Variante Villammare” (Fig.3), ossia il tratto che va dal punto di incontro delle tre alternative A, B e C al punto di innesto sulla linea storica per un totale di 9+072 km. In particolare, il tracciato è a doppio binario e, per la maggior parte del percorso, in galleria (da 0 a 8+367 km). Il modello rappresenta tuttavia un solo binario, per motivi di semplificazione.

## 4. Produzione del modello digitale

Si presentano in maniera sintetica i principali passaggi operativi realizzati per la produzione del modello digitale dell’opera, ponendo particolare attenzione ad alcuni aspetti critici riscontrati in alcuni punti.

### 4.1. Modello digitale del terreno

Dapprima si è individuata l’area di interesse, e attraverso l’utilizzo di *OpenRoads Conceptstation* (Bentley BIM Authoring), vengono ricavati dalla banca dati della piattaforma Bentley i dati necessari per la realizzazione del modello digitale del terreno (Fig. 4). Tali dati vengono im-

(from 0 to 8+367 km). The model represents only one track for reasons of simplification.

## 4. Production of the digital model

The main operational steps carried out to produce the digital model of the work are briefly presented, focusing on some critical issues.

### 4.1. Digital terrain model

First, the area of interest was identified, and using *OpenRoads Conceptstation* (Bentley BIM Authoring), the data necessary for the creation of the digital terrain model was obtained from the Bentley platform database (Fig. 4). This data is imported and processed in *OpenRail Designer*, to obtain a first digital model of the terrain, subsequently limited to the interested territory (Fig. 5) [6][7][18].

### 4.2. Planimetric layout and altimetric profile

Subsequently, the planimetric layout and the altimetric profile of the railway section of interest were created.

- The rough planimetric layout obtained from the .dwg files attached to the feasibility study (Fig. 6) [6][7] was geometrised in more detail, and the final layout was then parameterized using *OpenRail Designer* (Fig. 7) [6][7][18].

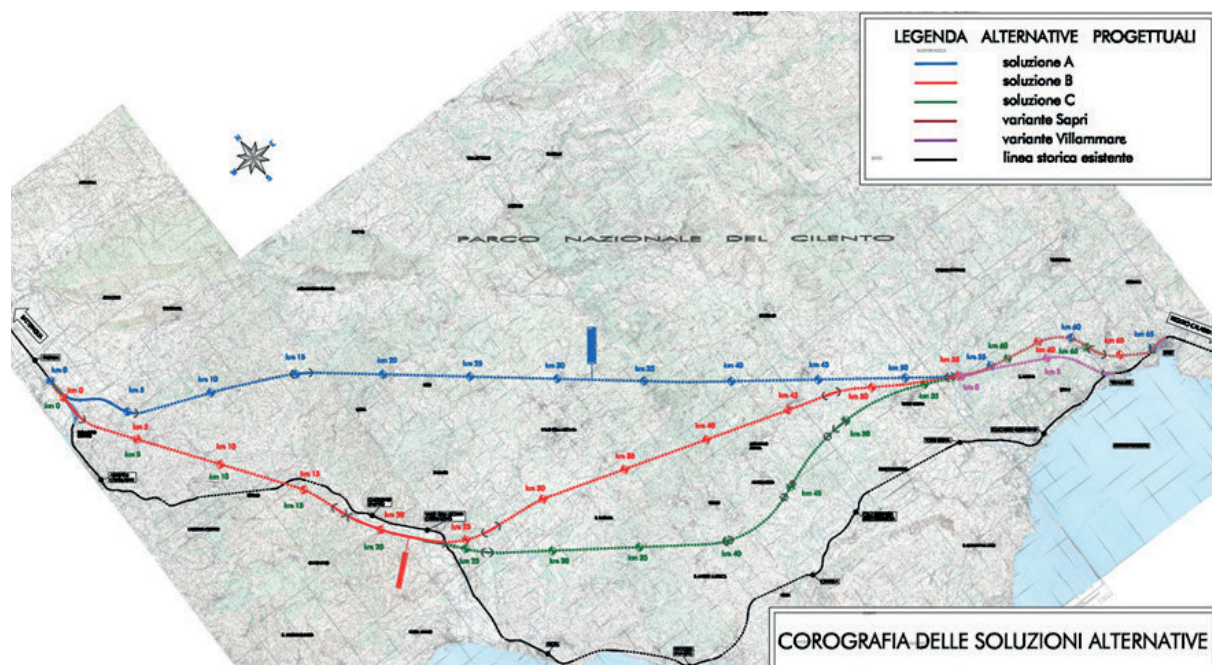


Figura 2 - Soluzioni progettuali A, B, C del corridoio tirrenico e varianti Villammare e Sapri (Allegato A relazione generale Italferr Nuovo Collegamento Ferroviario Ogliastro – Sapri).

Figure 2 - Design solutions A, B, C of the Tyrrhenian corridor and variants Villammare and Sapri (Annex A general report Italferr New Railway Connection Ogliastro - Sapri).

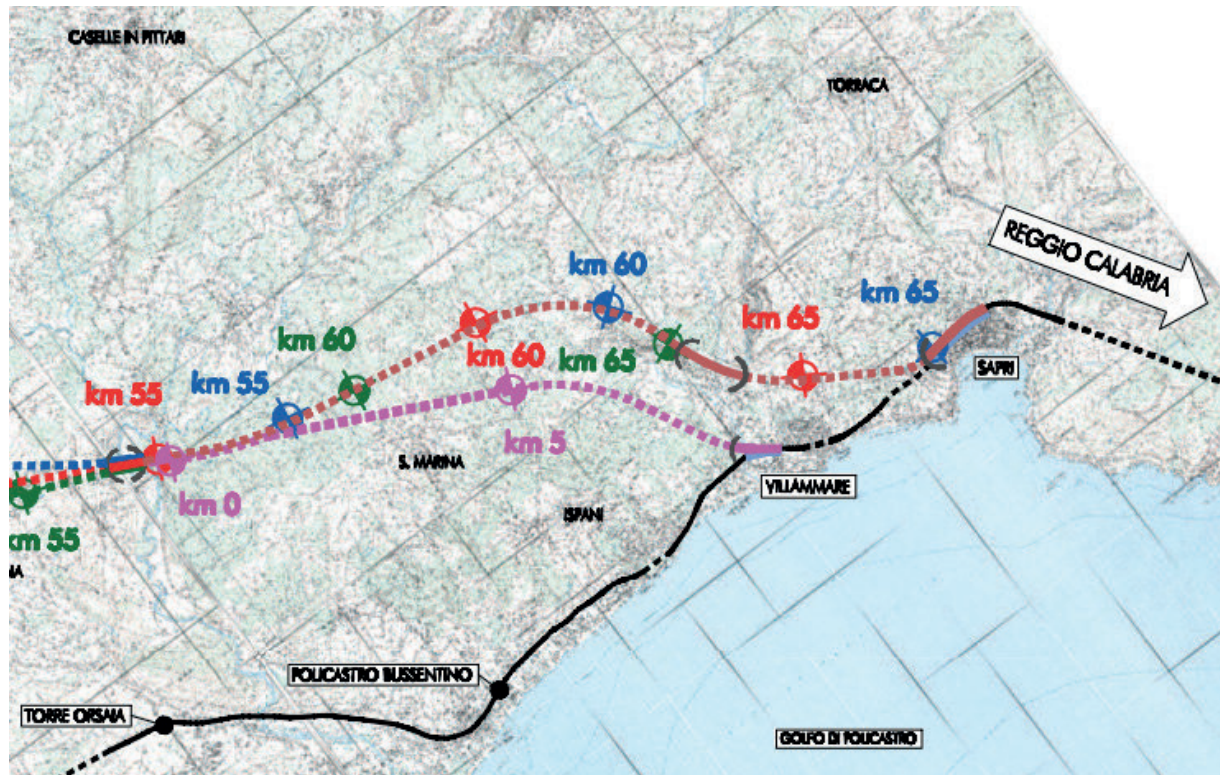


Figura 3 - Particolare della Fig. 2: Variante Villammare.

Figure 3 - Zooming of Fig. 2: Villammare variant.

portati ed elaborati in OpenRail Designer, al fine di ottenere un primo modello digitale del terreno, successivamente circoscritto al territorio interessato (Fig. 5) [6][7][18].

#### 4.2. Tracciato planimetrico e profilo altimetrico

Successivamente si sono realizzati il tracciato planimetrico e il profilo altimetrico del tronco ferroviario di interesse.

- Si è provveduto a geometrizzare più in dettaglio il tracciato planimetrico di massima ottenuto dai file .dwg allegati allo studio di fattibilità (Fig. 6) [6][7], per poi parametrizzare il tracciato definitivo attraverso OpenRail Designer (Fig. 7) [6][7][18].
- Il profilo altimetrico è stato generato sulla base dell'andamento altimetrico del terreno sotteso dal tracciato planimetrico, attraverso l'uso di livellette e curve verticali di raccordo (Fig. 8) [6][7]. Si osserva come gran parte del tracciato risulta essere in galleria.

#### 4.3. Sopraelevazione in curva e velocità di progetto

Il passaggio successivo è stata la definizione della sopraelevazione nelle curve e della velocità di progetto.

- The altimetric profile was generated based on the altimetric trend of the terrain underlying the planimetric layout, using levels and vertical connecting curves (Fig. 8) [6][7]. A large part of the route appears to be in tunnel.

#### 4.3. Cant and design speed

The next step was to define the cant and design speed.

The cant is defined by (a) where the radii are known from the planimetric layout, the speeds are defined in order not to exceed the maximum cant of 105 mm [19] and to all checks on the planimetric and altimetric layout [20].

$$\text{Design Cant Formula for HS/HC in Italy} \quad h = 6.29 \frac{V^2}{R} \quad (a)$$

where  $h$  is the cant [mm],  $V$  is the speed [km/h],  $R$  is the curve radius [m].

As regards the calculation of the cant, note that, while OpenRail Designer allows you to define the Equilibrium Constant and the Applied Constant of the cant (6.29 in this case, see Fig. 9), Novapoint - Quadri does not allow this possibility, defining these parameters a priori and only giving the possibility to modify the cant values manually following the calculation.

From this, OpenRail Designer compared to Novapoint -



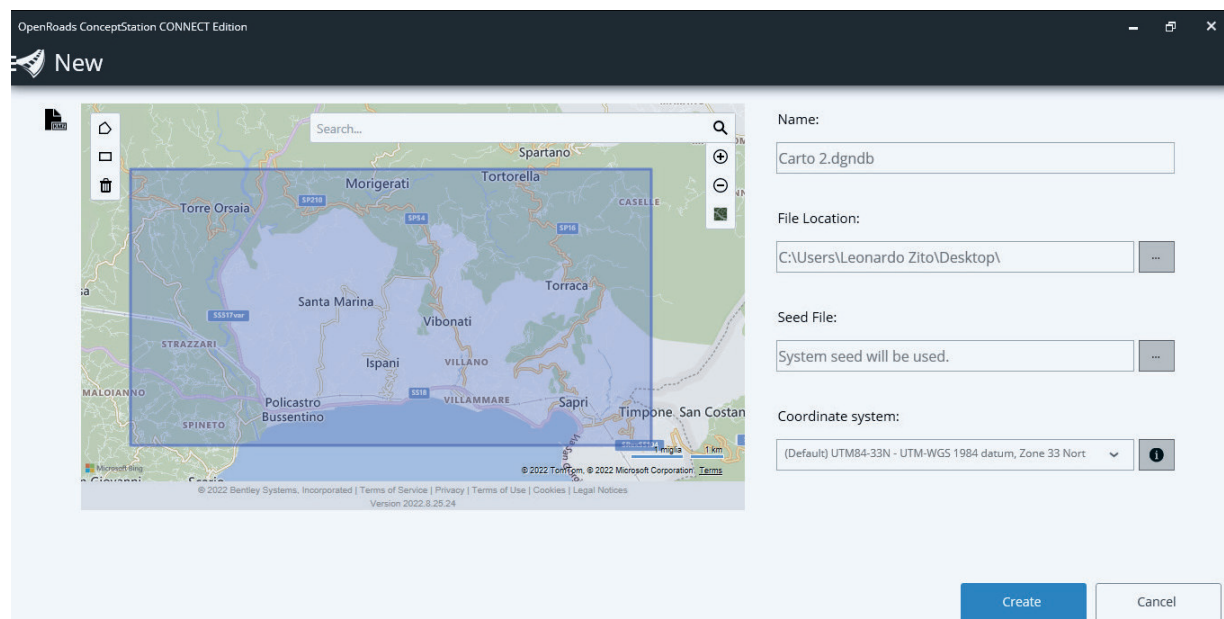


Figura 4 - Prelievo dei dati territoriali attraverso OpenRoads ConceptStation.  
Figure 4 - Terrain data collection through OpenRoads ConceptStation.

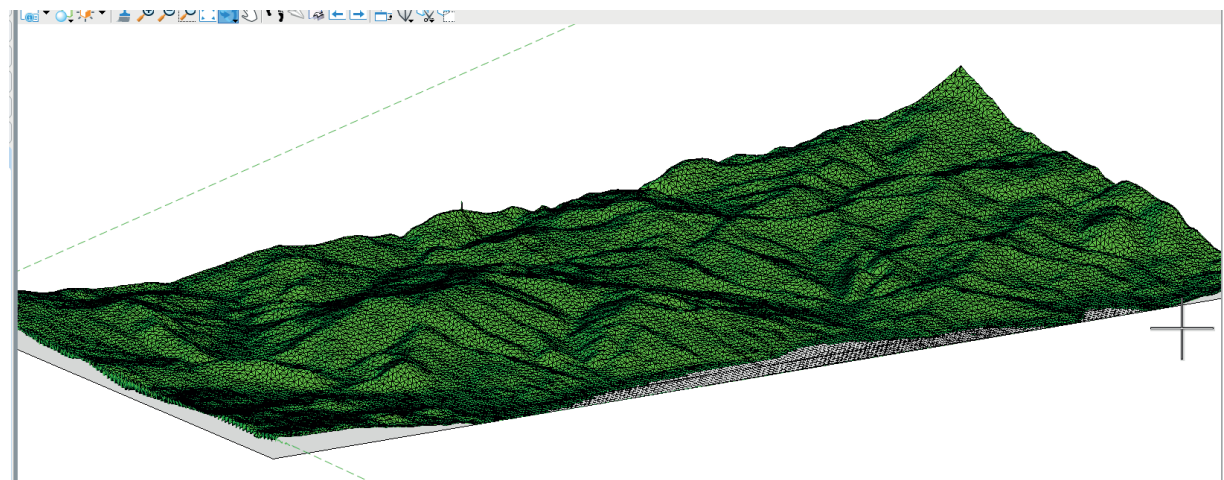


Figura 5 - Modello digitale del terreno su OpenRail Designer.  
Figure 5 - Digital terrain model on OpenRail Designer.

La sopraelevazione viene definita attraverso l'uso della (a) dove i raggi sono noti dal tracciato planimetrico, le velocità sono definite al fine di non superare la sopraelevazione massima di 105 mm [19] e di soddisfare tutte le verifiche sul tracciato planimetrico e altimetrico [20].

Formula di progettazione della sopraelevazione per AV/AC in Italia 
$$h = 6.29 \frac{V^2}{R} \quad (a)$$

con  $h$  sopraelevazione [mm],  $V$  velocità [km/h],  $R$  raggio della curva [m].

Quadri, allows you to set a more general calculation model which adapts to any railway gauge, uncompensated acceleration, and maximum permitted cant.

The data obtained from the calculations performed on Excel (Tab. 1 and Tab. 2) are confirmed by the tables obtained from OpenRail Designer (Fig. 10) [18].

#### 4.4. Exporting models to Trimble Quadri and 3D model

The digital terrain model and the layout (associated with



Per ciò che concerne il calcolo della sopraelevazione, si è osservato che, mentre *OpenRail Designer* consente di definire la Costante di Equilibrio e la Costante Applicata della sopraelevazione (6.29 nel caso in esame, visibile in Fig. 9), Novapoint - Quadri non consente questa possibilità, definendo a priori tali parametri e dando soltanto la possibilità di modificare i valori di sopraelevazione manualmente a seguito del calcolo.

Da ciò, si evince come *OpenRail Designer* rispetto a Novapoint - Quadri, consente di impostare un modello di calcolo più generale che si adatta a qualsivoglia scartamento ferroviario, accelerazione non compensata, e sopraelevazione massima consentita.

I dati ottenuti dai calcoli eseguiti su Excel (Tab. 1 e Tab. 2) sono confermati dalle tabelle evinte da *OpenRail Designer* (Fig. 10) [18].

#### 4.4. Esportazione dei modelli a Trimble Quadri e modello 3D

Il modello digitale del terreno e il tracciato (associato allo specifico profilo altimetrico, sopraelevazione e diagramma di velocità prima descritti) vengono poi esportati, in formato *LandXml*, a Trimble Quadri.

Si osserva, in prima analisi, che il software di BIM Authoring Novapoint è inserito all'interno di *Common Data Environment* (CDE), Trimble Quadri: per questo motivo esso presenta un'organizzazione del flusso di lavoro caratterizzato da un set attività, all'interno delle quali è possibile sviluppare diversi oggetti di un modello o diversi modelli di un progetto (Fig. 11) [21][22][23].

Trimble Quadri consente inoltre di selezionare gli elementi di un modello per visualizzarne le proprietà. Ogni elemento viene caratterizzato da una "feature" di riferimento, ossia da un set di proprietà che esso possiede in virtù della sua funzione rappresentativa. Questo consente di ottimizzare la rappresentazione grafica degli elementi [21][22][23].

A tal proposito si osserva che, in fase di importazione, è necessario definire le cosiddette "regole di conversione" per convertire le informazioni di un file importato in informazioni leggibili e implementabili dal software di BIM Authoring, ossia utili a conferi-

*the specific altimetric profile, cant and speed diagram described above) are then exported, in .LandXml format, to Trimble Quadri.*

*We observe that the Novapoint BIM Authoring software is embedded within the Common Data Environment (CDE), Trimble Quadri: for this reason, it presents a workflow organization characterized by a set of activities, within which it is possible to develop different objects of*

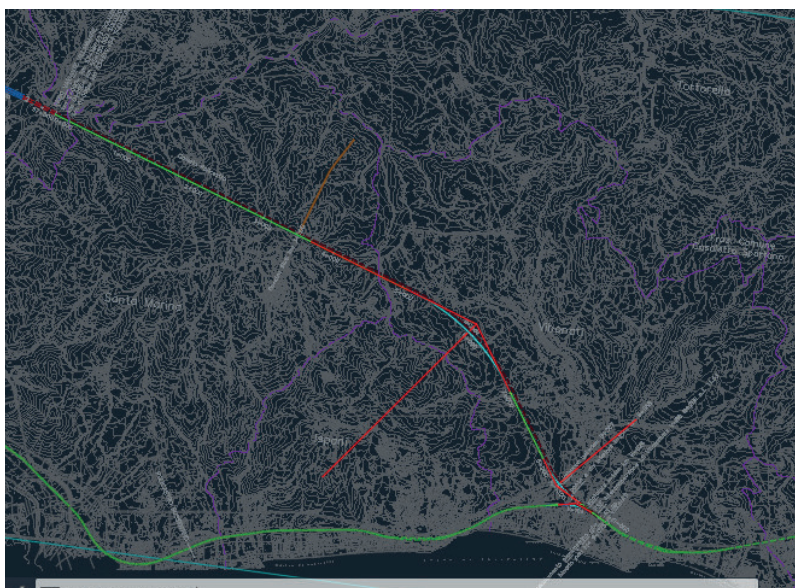


Figura 6 - Geometrizzazione del tracciato ferroviario planimetrico da file .dwg.

*Figure 6 - Geometrization of the planimetric railway layout from .dwg file.*

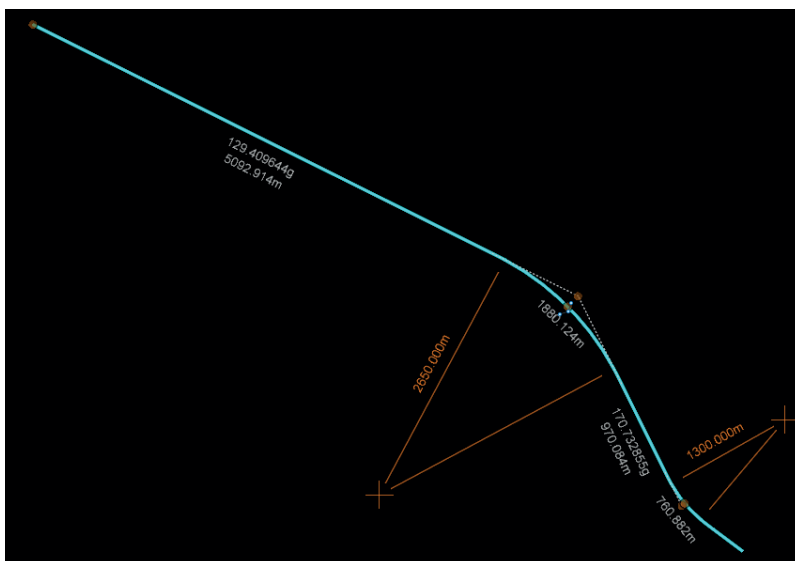


Figura 7 - Tracciato planimetrico definitivo attraverso OpenRail Designer.  
*Figure 7 - Final planimetric layout through OpenRail Designer.*

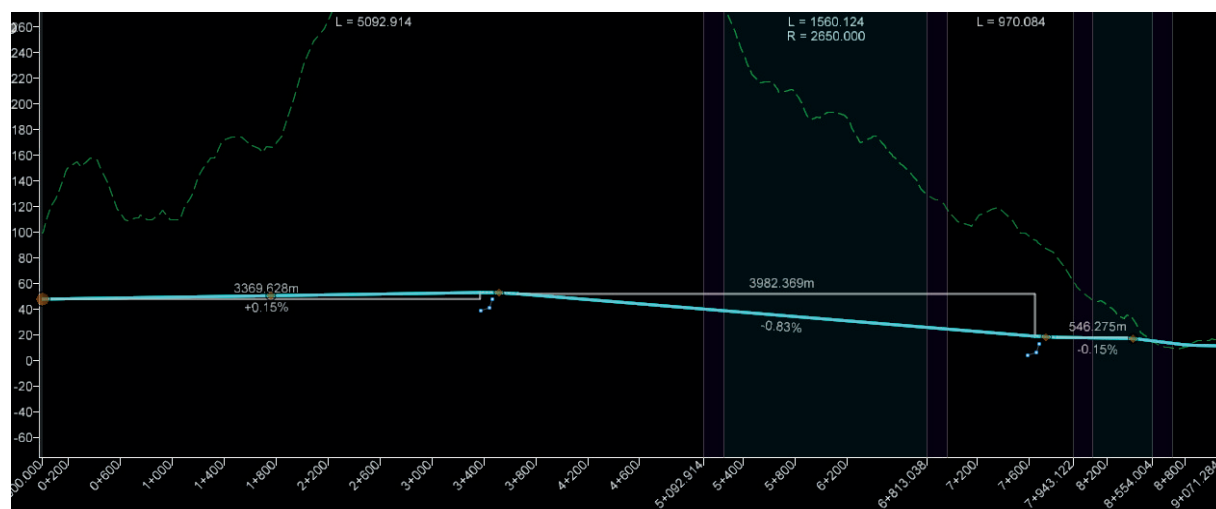


Figura 8 - Profilo altimetrico del tronco ferroviario.  
Figure 8 - Altimetric profile of the railway section.

re un'appropriata *feature* agli elementi dei file importati (Fig. 12) [21][22][23].

In Fig. 13 e Fig. 14 si possono osservare rispettivamente il modello digitale del terreno e il tracciato del tronco ferroviario correttamente importati in Trimble Quadri.

A seguito dell'importazione della rappresentazione digitale del terreno e del tracciato, è necessario determinare l'ingombro della sede ferroviaria. Si definisce il tracciato importato come riferimento per l'estrusione del modello solido del tronco ferroviario e si imposta il modello digitale del terreno come base di calcolo per l'interazione tra quest'ultimo e il modello del tronco. Si definiscono poi tutte le caratteristiche della sovrastruttura ferroviaria e della massicciata nella sezione trasversale (dimensioni degli elementi dell'armamento, spessore degli strati, etc.) (Fig. 15), ottenendo il modello tridimensionale (Fig. 16) [22][23].

La modellazione tridimensionale è stata implementata per realizzare l'innesto del tronco ferroviario con la linea storica proprio nei pressi di Villammare. La realizzazione del ramo deviato della linea storica è stata eseguita sia mediante l'uso di OpenRail Designer sia attraverso Novapoint al fine di testare punti di forza e debolezza dei due software in merito a punti notevoli di un'infrastruttura ferroviaria.

OpenRail Designer consente la realizzazione del ramo deviato impostando l'inserimento di un deviato-

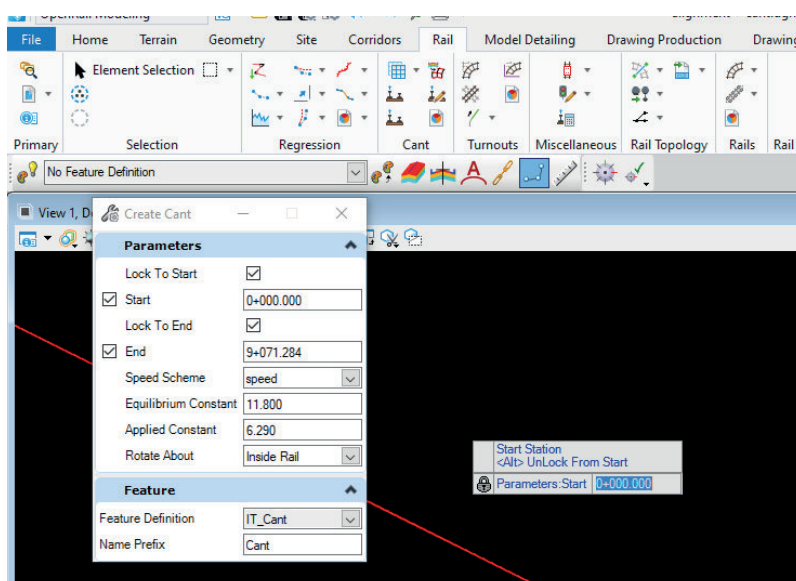


Figura 9 - Selezione della Costante di Equilibrio, e Costante Applicata in OpenRail Designer.  
Figure 9 - Selection of Equilibrium Constant, and Applied Constant in OpenRail Designer.

a model or different models of a project (Fig. 11) [21][22][23].

Trimble Quadri also allows you to select the elements of a model to display their properties. Each element is characterized by a reference "feature", i.e. a set of properties that it possesses by virtue of its representative function. This allows you to optimize the graphic representation of the elements [21][22][23].

Tabella 1 – Table 1

Dati degli elementi del Tracciato planimetrico  
*Planimetric layout element data*

VERIFICHE CANT CON RANGO A									
Elem planim	fine Progressiva	R elem [m]	lung [m]	h [mm]	Verifica h <sub>lim</sub>	velocità di riferimento			
rettifilo	5092.914	-	5092.914	0	-	300	Vmax [km/h]	-	Vmin[km/h]
clotoide	5252.914	-	160	-	-				
curva	6813.038	2650	1560.124	104.7509258	ok	210	Vmax [km/h]	80	Vmin[km/h]
clotoide	6973.038	-	160	-	-				
rettifilo	7943.122	-	970.084	0	-	300	Vmax [km/h]	-	Vmin[km/h]
clotoide	8093.121	-	150	-	-				
curva	8554.004	1300	460.883	94.90254815	ok	140	Vmax [km/h]	80	Vmin[km/h]
clotoide	8704.004	-	150	-	-				
rettifilo	9071.284	-	367.281	0	-	300	Vmax [km/h]	-	Vmin[km/h]
						105	h <sub>max</sub> rifer		

Tabella 2 – Table 2

Dati degli elementi del Profilo altimetrico  
*Altimetric profile element data*

Elemento altim	fine Progress	Raggio vert [m]	lung [m]	Pendenza liv	Vel [km/h]	Verifica	valore pref/lim	valore min/eccez
livelletta	3369.628	-	3369.628	0.002	300	ok		166.6666667
cresta	3664.432	30000	294.804	-	300	accettabile	31500	15750
livelletta	7646.801	-	3982.369	-0.008	300	ok		166.6666667
sacca	7817.199	25000	170.399	-	300	accettabile	31500	15750
livelletta	8363.474	-	546.275	-0.001	300	ok		166.6666667
cresta	8440.526	7000	77.052	-	160	accettabile	8960	6400
livelletta	8788.386	-	347.86	-0.013	300	ok		166.6666667
sacca	8863.614	7000	75.229	-	160	accettabile	8960	6400
livelletta	8863.614	-	207.67	-0.002	300	ok		166.6666667

io rispetto al tracciato principale precedentemente realizzato e scegliendo una specifica sezione trasversale, adatta alla zona interessata da deviazione (Fig. 17 e Fig. 18) [18].

*It is noted that, during the import phase, it is necessary to define the so-called "conversion rules" to convert the information of an imported file into information that is readable and implementable by the BIM Authoring software, i.e.*

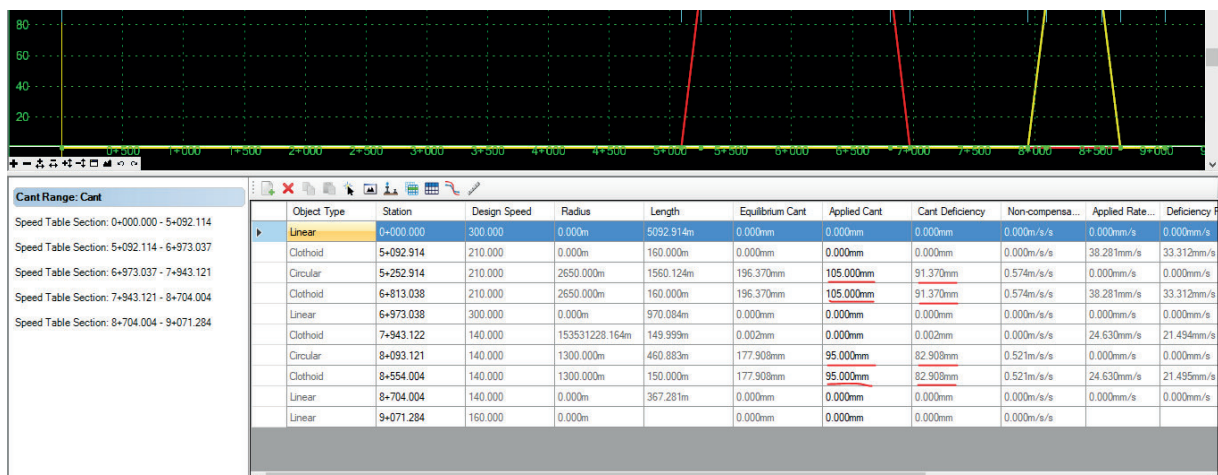


Figura 10 - Velocità, Sopraelevazione e Insufficienza di sopraelevazione secondo tabella OpenRail Designer.  
 Figure 10 - Speed, Cant and Cant Deficiency according to OpenRail Designer table.



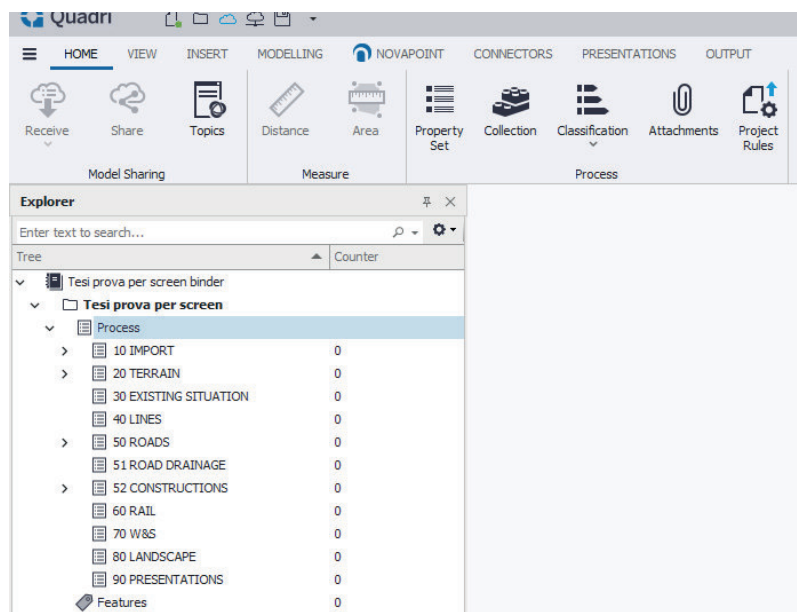


Figura 11 - Interfaccia Novapoint – Quadri.  
Figure 11 – Novapoint - Quadri interface.

Il ramo deviato realizzato con OpenRail Designer è stato poi esportato a Novapoint – Quadri. Si evidenzia che non è risultato possibile importare su Novapoint - Quadri contemporaneamente sia il ramo principale che quello deviato. Definendo l'ingombro del ramo deviato il risultato finale ha comportato una sovrapposizione di quest'ultimo con quello principale (Fig. 19).

Questo problema è stato risolto attraverso una ridefinizione dei confini dei modelli dei due rami attraverso un'apposita interfaccia CAD cui Novapoint – Quadri può collegarsi per determinate operazioni sugli oggetti del modello. Tale procedura richiede numerosi passaggi. Il risultato ottenuto è visibile in Fig. 20 [23].

Infine, sempre attraverso l'utilizzo dell'interfaccia CAD collegata a Novapoint - Quadri, è stato possibile sviluppare la calotta della galleria (Fig. 21) (Fig. 22) [6][7][24].

## 5. Conclusioni

Di seguito si vanno a delineare in maniera più sintetica e critica i punti di forza e di debolezza evinti dallo studio per ciò che concerne l'uso dei software Trimble, nonché eventuali tematiche che possono essere sviluppate in futuro partendo da quanto trattato.

Tra i punti di forza di Novapoint e Quadri si è riscontrato quanto segue:

- L'interfaccia principale si presenta con un'organizzazione del flusso di lavoro caratterizzato da una programmazione delle attività di progetto in stile WBS (Work Breakdown Structure), facilitando così l'as-

useful for giving an appropriate feature to the elements of the imported files (Fig. 12) [21][22][23].

In Fig. 13 and Fig. 14 you can respectively observe the digital terrain model and the layout of the railway section correctly imported into Trimble Quadri.

Following the import of the digital representation of the terrain and the track, it is necessary to determine the three-dimensional size of the railway. The imported track is defined as a reference for the extrusion of the solid model of the railway section and the digital terrain model is set as the calculation basis for the interaction between the latter and the section model. All the characteristics of the railway superstructure and the ballast were then presented in the cross section (dimensions of the superstructure elements, thickness of the layers, etc.) (Fig. 15), obtaining the three-dimensional model (Fig. 16) [22][23].

The three-dimensional modeling was implemented to create the connection of the railway section with the historic line right near Villamare. The creation of the diverted branch of the historic line was carried out both using OpenRail Designer and Novapoint to test the strengths and weaknesses of the two software regarding notable points of a railway infrastructure.

OpenRail Designer allows the creation of the diverted branch by setting the insertion of a switch with respect to the main track previously created and choosing a specific cross-section, suitable for the area affected by the deviation (Fig. 17 and Fig. 18) [18].

The diverted branch made on OpenRail Designer was then exported to Quadri - Novapoint. It should be noticed that it was not possible to import both the main branch and the deviated branch to Quadri - Novapoint at the same time. Producing the solid of the deviated branch, the final result was an overlap of the latter with the main track (Fig. 19).

The diverted branch created with OpenRail Designer was then exported to Novapoint - Quadri. Please note that it was not possible to import both the main and deviated branches simultaneously into Novapoint - Quadri. By defining the size of the deviated branch, the result was an overlay of the latter with the main one (Fig. 19).

This problem was solved through a redefinition of the boundaries of the models of the two branches through a special CAD interface to which Novapoint – Quadri can connect for certain operations on the model objects. This procedure requires numerous steps. The result obtained can be seen in Fig. 20 [23].

Finally, again using the CAD interface connected to No-

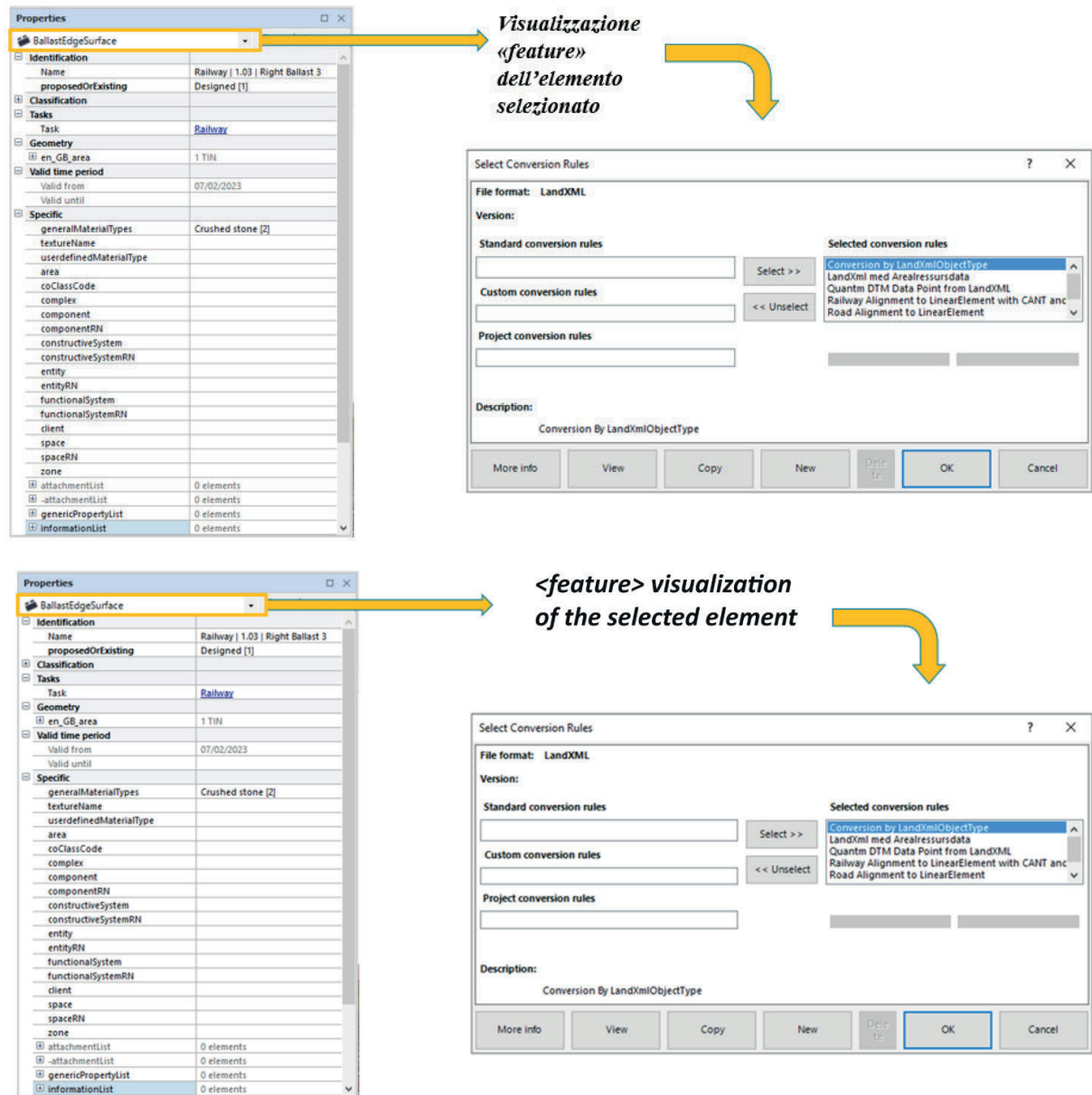


Figura 12 - Regole di conversione per un'adeguata interoperabilità tra Novapoint – Quadri e altri codici di calcolo.  
Figure 12 - Conversion rules for adequate interoperability between Novapoint – Quadri and other calculation codes.

segnazione delle attività ai diversi tecnici impegnati nel progetto, nonché il calcolo dei costi e delle risorse necessarie per tali attività. Presenta una barra degli strumenti molto intuitiva, con poche ridondanze nei comandi e negli strumenti utilizzabili.

- Consente di specificare, ed eventualmente personalizzare, il riconoscimento degli oggetti importati attraverso l'impostazione di specifiche “regole di conversione”. Proprio per questo motivo, varrebbe la pena approfondire l'uso di questo strumento in studi futuri, al fine

vapoint - Quadri, it was possible to develop the tunnel cap (Fig. 21) (Fig. 22) [6][7][24].

## 5. Conclusions

Below we outline in a more concise and critical manner the strengths and weaknesses highlighted by the study regarding the use of Trimble software, as well as any issues that can be developed in the future starting from what has been covered.

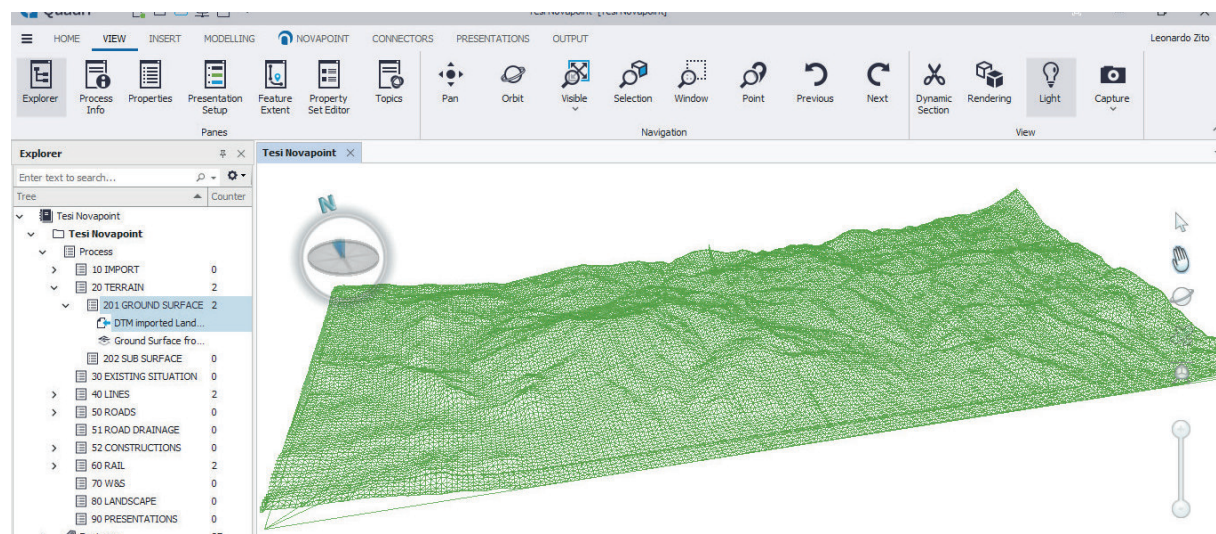


Figura 13 - Modello digitale del terreno importato in Novapoint – Quadri.  
Figure 13 - Digital terrain model imported into Novapoint – Quadri.

di indagare il massimo livello di interoperabilità cui il codice può prestarsi.

- Seppure in modo limitato rispetto ad OpenRail Designer, Novapoint - Quadri rappresenta un codice di calcolo multidisciplinare, in quanto si presta alla rappresentazione di diverse infrastrutture sotto diversi punti di vista.
- Novapoint, software di BIM Authoring, è integrato all'interno di un CDE: Trimble Quadri; questa caratteristica del software Trimble ha la potenzialità di condividere il modello infrastrutturale, in cloud, con tutti gli utenti coinvolti nel progetto in tempo reale permettendo il coordinamento dell'intero progetto infrastrutturale, attraverso la convergenza di tutte le discipline di un progetto.

Gli aspetti su cui invece sarebbe opportuno improntare un miglioramento del codice Novapoint – Quadri sono i seguenti:

- Novapoint - Quadri consente una geometrizzazione parametrica delle sezioni trasversali in maniera limitata. Mentre attraverso OpenRail Designer è possibile definire da zero qualsivoglia geometria della sezione trasversale del modello solido (attraverso lo strumento dei “Template”), Novapoint - Quadri permette soltanto la definizione dei parametri principali di un'infrastruttura ferroviaria (come tipologia degli elementi della

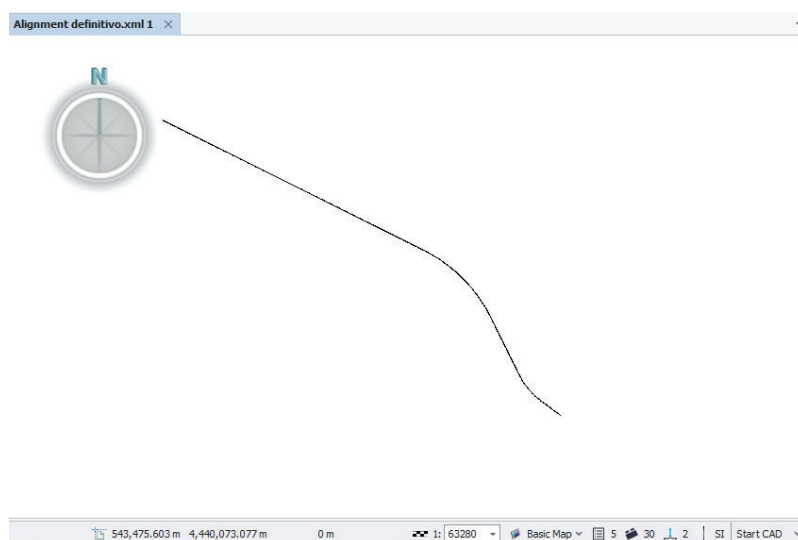


Figura 14 - Tracciato del tronco ferroviario importato in Novapoint – Quadri.  
Figure 14 – Track of the railway section imported into Novapoint – Quadri.

Among the strong points of Novapoint - Quadri the following was found:

- The main interface presents a workflow organization characterized by a programming of project activities in WBS (Work Breakdown Structure) style, thus facilitating the assignment of the activities to the various technicians involved in the project, as well as the calculation of costs and resources necessary for these activities. It has a very intuitive toolbar, with little redundancy in the commands and tools that can be used.



sovrastuttura ferroviaria, spessore e inclinazione degli strati del corpo stradale) in quanto per garantire una personalizzazione più dinamica e profonda delle sezioni è necessario fare degli approfondimenti specifici e meno intuitivi con OpenRail.

- Mentre OpenRail Designer gode di specifici strumenti di calcolo in grado di generare in modo rapido e automatico il modello solido di un deviatoio senza sovrapposizioni, Novapoint - Quadri non gode di tale pregio. Infatti, in prima istanza, la rappresentazione del deviatoio può essere generata soltanto visualizzando contemporaneamente il modello solido del ramo principale e del ramo deviato, con una palese sovrapposizione di elementi. Al fine di ottemperare a tale problematica, l'unico modo è intervenire manualmente, andando a limitare i modelli solidi del ramo principale e deviato lungo dei bordi predefiniti, in modo tale da evitare il "clash" dei modelli. A tale scopo si deve usufruire di input tabellari e dell'interfaccia CAD, utili proprio alla definizione e alla modifica di tali bordi di delimitazione, il che comporta un dispendio oneroso in termini di tempo e genera un

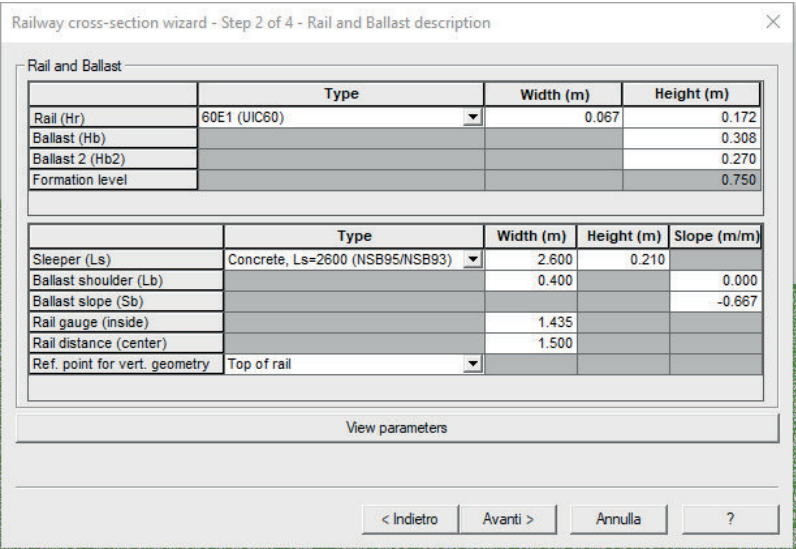


Figura 15 - Impostazione degli elementi della sovrastuttura ferroviaria nella sezione trasversale.  
*Figure 15 - Setting the elements of the railway superstructure in the cross section.*

- It allows you to specify, and possibly customize, the recognition of imported objects by setting specific "conversion rules". Precisely for this reason, it would be worth investigating the use of this tool in future studies, to investigate the maximum level of interoperability to which the code can lend itself.

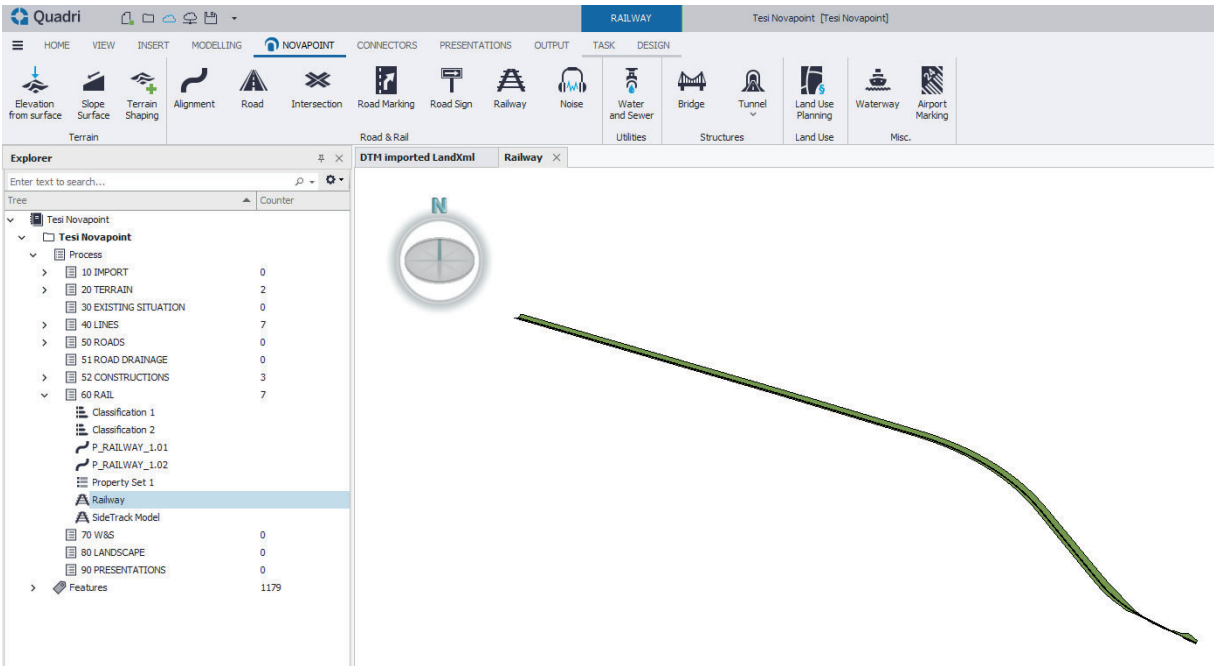


Figura 16 - Modello tridimensionale del tronco ferroviario.  
*Figure 16 - Three-dimensional model of the railway section.*

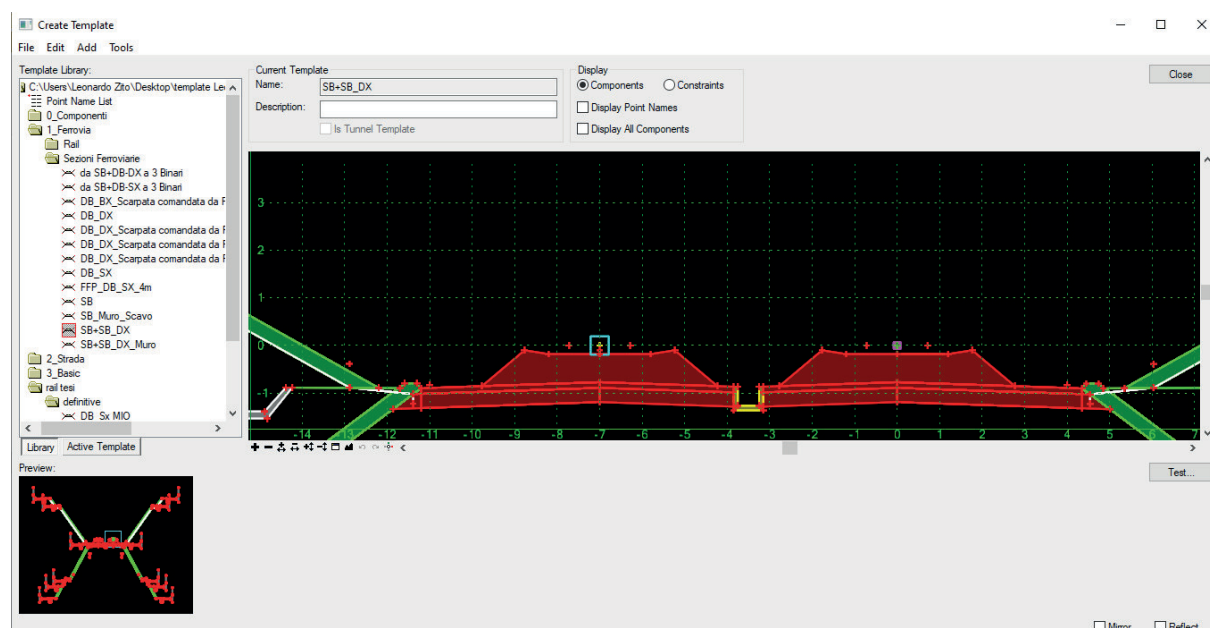


Figura - 17 - Selezione del template della sezione trasversale adatto alla zona del deviatoio in OpenRail Designer.  
Figure 17 - Selection of the cross-section template suitable for the switch area in OpenRail Designer.

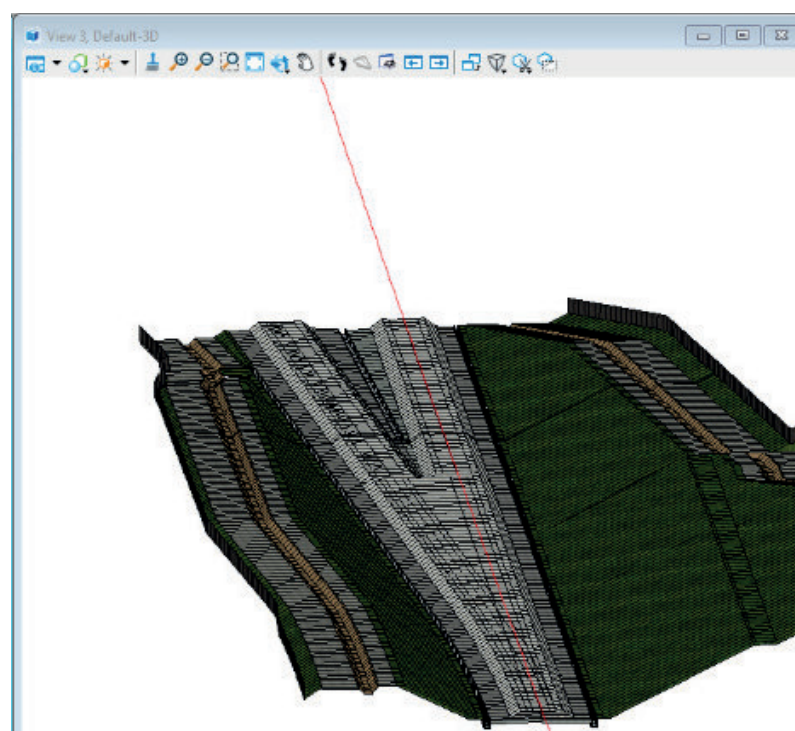


Figura 18 - Modello tridimensionale del deviatoio ottenuto con l'uso di OpenRail Designer.

Figure 18 - Three-dimensional model of the switch obtained with the use of OpenRail Designer.

- Although in a limited way compared to OpenRail Designer, Novapoint - Quadri represents a multidisciplinary calculation code, as it lends itself to the representation of different infrastructures from different points of view.

- Novapoint, BIM Authoring software, is embedded within a CDE: Trimble Quadri; this feature of the Trimble software has the potential to share the infrastructure model, in the cloud, with all users involved in the project in real time, allowing the coordination of the entire infrastructure project, through the convergence of all the disciplines of a project.

The aspects on which it would be appropriate to focus an improvement of the Novapoint - Quadri code are the following:

- Novapoint - Quadri allows a parametric geometrization of the cross sections in a limited way. While through OpenRail Designer it is possible to define any geometry of the cross section of the solid model from scratch (through the "Template" tool), Novapoint - Quadri only allows the definition of the main parameters of a railway infrastructure (such as typology of the elements of the

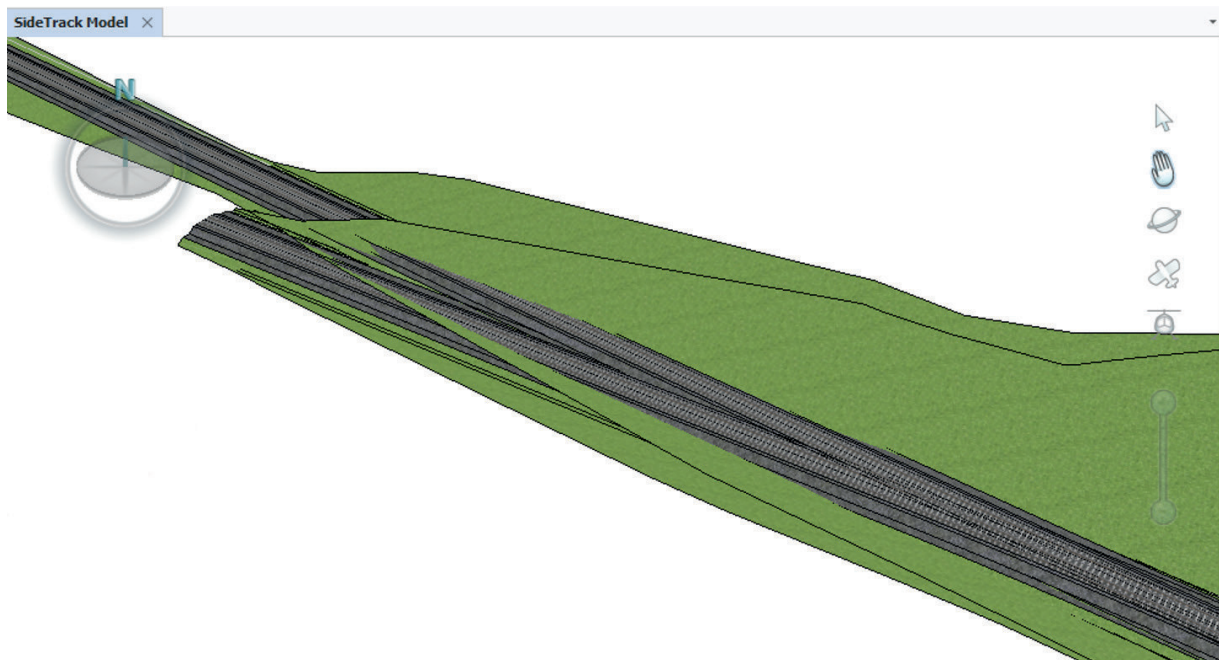


Figura 19 - Sovrapposizione dei modelli tridimensionali del ramo principale e ramo deviato in Novapoint – Quadri.  
 Figure 19 - Overlay of the three-dimensional models of the main branch and deviated branch in Novapoint – Quadri.

modello di deviatoio con informazioni non strutturate, ossia con dati separati per quanto concerne i due rami che lo compongono.

- Mentre OpenRail Designer consente di definire la costante di equilibrio e la costante applicata della so-

railway superstructure, thickness, and inclination of the layers of the ballast) since to guarantee a more dynamic and complete customization of the cross sections it is necessary to carry out in-depth studies specific and less intuitive with OpenRail.

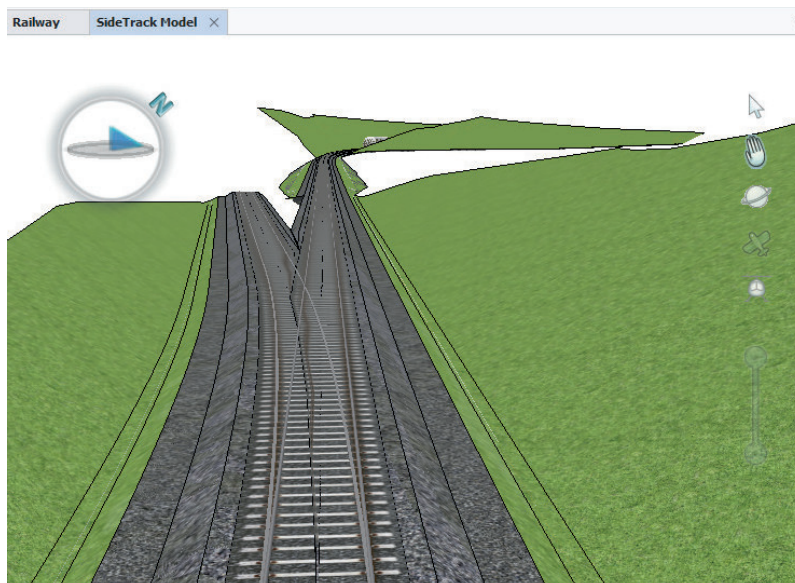


Figura 20 - Zona del deviatoio correttamente sagomata.  
 Figure 20 - Correctly shaped switch area.

- While OpenRail Designer has specific calculation tools capable of quickly and automatically generating the solid model of a switch without overlaps, Novapoint - Quadri does not have this advantage. In fact, the representation of the switch can only be generated by simultaneously visualizing the solid model of the main branch and the deviated branch, with a clear overlap of elements. To comply with this problem, the only way is to set up manually, limiting the solid models of the main branch and deviated along predefined edges, in such a way as to avoid the “clash” of the models. For this purpose, it is necessary to make use of tabular inputs and the CAD interface, which are useful for defining and modifying these delimitation edges, which involves a costly expenditure in terms of time and generates a turnout model with unstructured information, i.e. with separate data regarding the two branches that compose it.



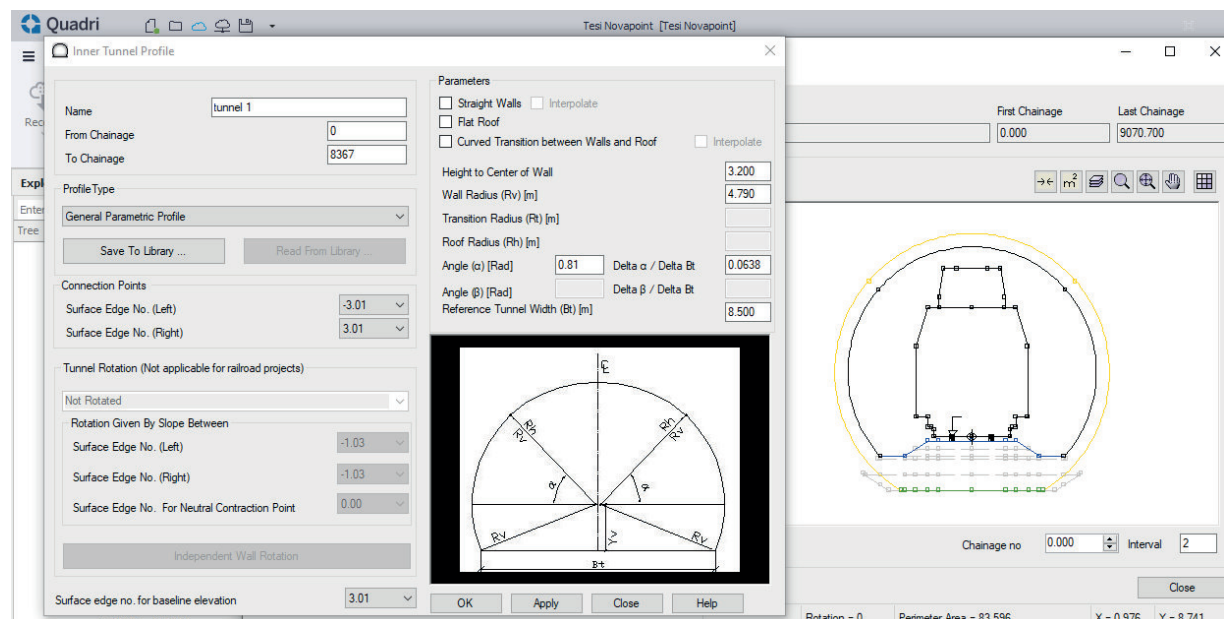


Figura 21 - Definizione degli elementi della sagoma della calotta.  
Figure 21 - Definition of the elements of the tunnel cap shape.

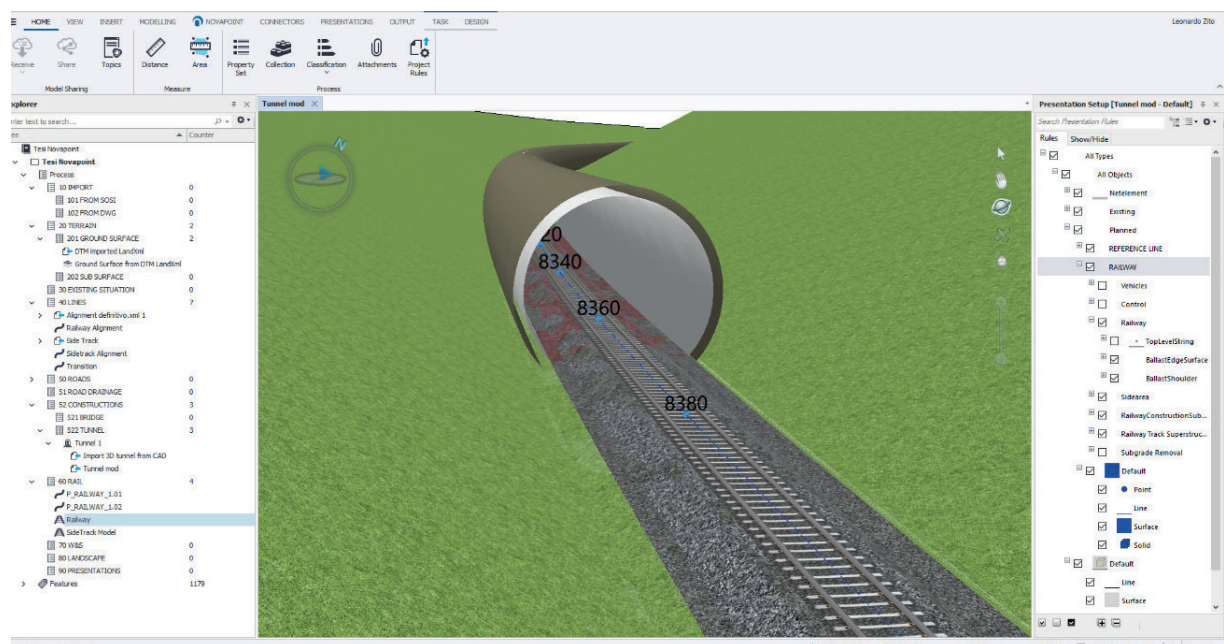


Figura 22 - Modello della calotta della galleria.  
Figure 22 - Model of the tunnel cap.

praelevazione (garantendo un modello di calcolo più generale, che si adatta a qualsivoglia scartamento ferroviario, accelerazione non compensata e sopraelevazione massima consentita), Novapoint - Quadri

- While OpenRail Designer allows you to define the equilibrium constant and the applied constant of the cant (ensuring a more general calculation model, which adapts to any railway gauge, uncompensated acceleration, and

non ha questa possibilità, definendo a priori tali parametri e dando soltanto la possibilità di modificare i valori di sopraelevazione manualmente a seguito del calcolo.

*maximum allowed cant), Novapoint - Quadri does not have this possibility, defining a prior to these parameters and only giving the possibility to modify the cant values manually following the calculation.*

### BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] ABBONDATI F., LAMBERTI R., CAPALDO F. S. (2016), *"Linear scheduling analysis toolkit for road and airports construction projects"*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 11(11), 6863-6874.
- [2] DELL'ACQUA G. (2017). *"BIM per Infrastrutture Lineari"*. www.ingenio.web.it, IMREADY Srl. Available online: <https://www.ingenio-web.it/pdfs/bim-per-infrastrutture-lineari-dell-acqua-ingenio.pdf>
- [3] GRIEVES M. (2014), *"Digital Twin Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication"*. White Paper 1, 1-7. Available online: [https://www.researchgate.net/publication/275211047\\_Digital\\_Twin\\_Manufacturing\\_Excellence\\_through\\_Virtual\\_Factory\\_Replication](https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication).
- [4] 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.
- [5] BIANCARDO S.A., VISCIONE N., ORETO C., VEROPALUMBO R., ABBONDATI F. (2020), *"BIM approach for modeling airports terminal expansion"*. Infrastructures, 5, 41.
- [6] ABBONDATI F., BIANCARDO S.A., SICIGNANO G. (2020). *"BIM parametric modelling of a railway underpass"*. Ingegneria Ferroviaria, 75(6), 443-459.
- [7] ABBONDATI F. et al. (2021), *"Horizontal Building Information Modeling: the Croatian railway Gradec-Sveti Ivan Žabno case study"*. Ingegneria Ferroviaria, 76(12), 979-994.
- [8] bSI (2024), *"IFC Rail Project Phase 1"*. buildingSMART International. Available online: <https://www.buildingsmart.org/standards/domains/railway/ifc-rail-project-phase-1/>.
- [9] Redazione Tecnica di BibLus (2022), *"IFC 4.3, lo standard openBIM anche per le infrastrutture"*. ACCA software S.p.A. Available online: <https://biblus.acca.it/ifc-4-3-lo-standard-openbim-anche-per-le-infrastrutture/>.
- [10] DELL'ACQUA G., GUERRA DE OLIVEIRA S., BIANCARDO S.A. (2018), *"Railway-BIM: Analytical review, data standard and overall perspective"*. Ingegneria Ferroviaria, 73(11), 901-923.
- [11] 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.
- [12] PEREGO G. (2024), *"Portare modelli BIM di infrastrutture in ambiente GIS"*. GIS, BIM e Infrastrutture. Available online: <https://www.gisinfrastrutture.it/2024/02/portare-modelli-bim-di-infrastrutture-in-ambiente-gis/>.
- [13] ZORLONI L., PEREGO G. (2024), *"IFC 4.3: da Civil 3D ad ArcGIS Pro in pochi passi!"*. www.gis.oneteam.it, Acme Themes. Available online: <https://gis.oneteam.it/index.php/2024/02/13/ifc-4-3-da-civil-3d-ad-arcgis-pro-in-pochi-passi/>.
- [14] GARGIULO S. (2020). *"Considerations on the application of digitisation and Building Information Modeling to the maintenance world"*. Ingegneria Ferroviaria, 75(12), 935.
- [15] BIANCHI B. M. (2011), *"Studio di fattibilità: Direttrice Battipaglia - Reggio Calabria, Nuovo Collegamento Ferroviario Ogliastro-Sapri"*, Italferr.
- [16] CRISCONIO G. (2021), *"Progetto di Fattibilità tecnico-economica: Nuova Linea AV Salerno-Reggio Calabria, Lotto 1 Battipaglia-Praia, Lotto 1A Battipaglia-Romagnano, Analisi Multicriteria"*. Italferr
- [17] AA.VV (2022), *"Dibattito pubblico Nuova Linea ad Alta Velocità Salerno - Reggio Calabria"*. Available online: [https://dp.avsalerioreggiocalabria.it/wp-content/uploads/2022/04/Relazione-conclusiva-DP\\_Lotto-1A.pdf](https://dp.avsalerioreggiocalabria.it/wp-content/uploads/2022/04/Relazione-conclusiva-DP_Lotto-1A.pdf).
- [18] Bentley Institute (2021), *"QuickStart for OpenRail Designer"*. Bentley Systems.
- [19] GUERRIERI M. (2017). *"Infrastrutture ferroviarie, metropolitane, tranviarie e per ferrovie speciali. Elementi di pianificazione e di progettazione"*. Maggioli Editore
- [20] R.F.I. (2006), *"Norme Tecniche per la Progettazione dei Tracciati Ferroviari"*. R.F.I. S.p.A.
- [21] Trimble Solutions Sandvika (2020), *"Quadri Beginner Course"*. Trimble Inc.
- [22] Trimble Solutions Sandvika (2020), *"Novapoint Road Design Beginner Course"*. Trimble Inc.
- [23] Trimble Solutions Sandvika (2021), *"Trimble Novapoint Railway Beginner Course"*. Trimble Inc.
- [24] Trimble Solutions Sandvika (2021), *"Trimble Novapoint Tunnel Design Beginner Course"*. Trimble Inc.