



HARPACEAS
More than BIM



Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani
Sezione di Milano

Ottimizzazione di tracciati per l'alta velocità ferroviaria con Trimble Quantm

- ❑ **Prof. Ing. Gianluca Dell'Acqua**
Università degli Studi di Napoli Federico II
- ❑ **Ing. Roberto Redaelli**
BIM Consultant - Harpaceas



Indice

1

Livello di fabbisogno informativo e interoperabilità

2

Caso studio: progetto di fattibilità tecnica-economica di un tronco AV

3

Il Civil Continuum: Trimble Quantm

4

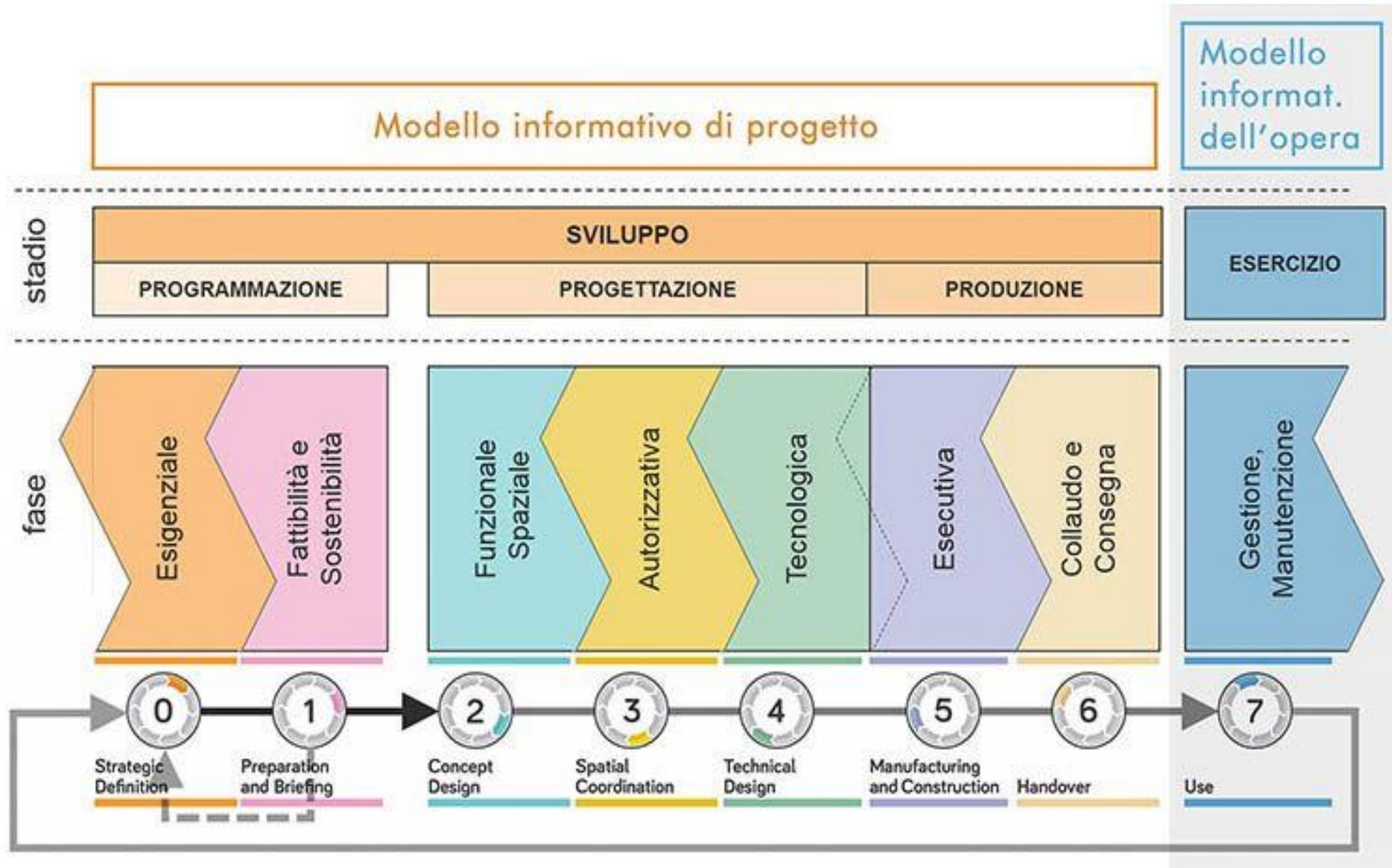
Considerazioni finali

5

Conclusioni



UNI 11337: processo informativo delle costruzioni

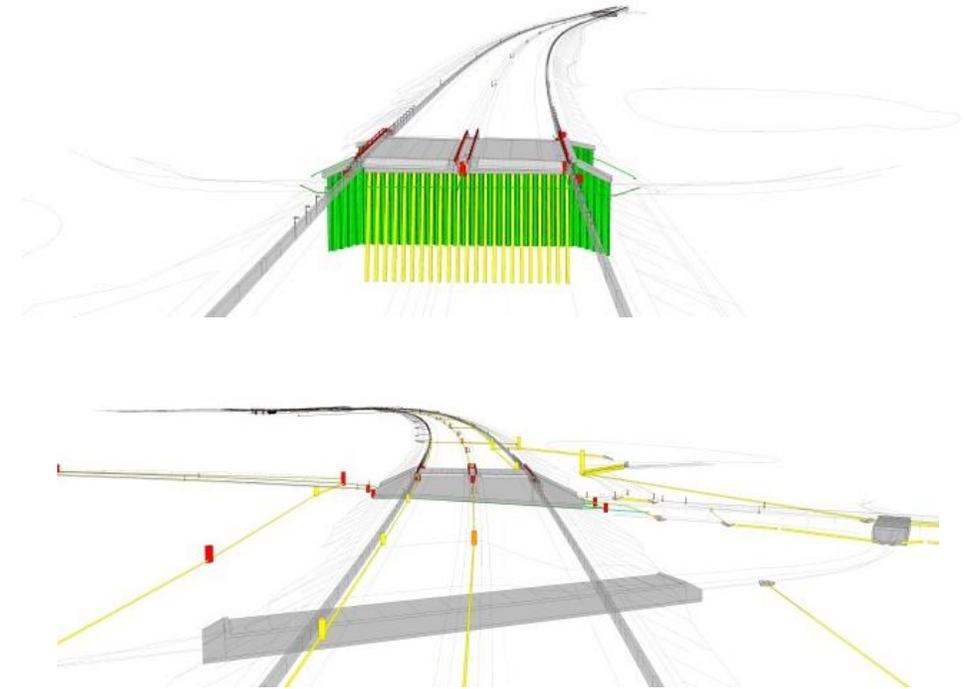
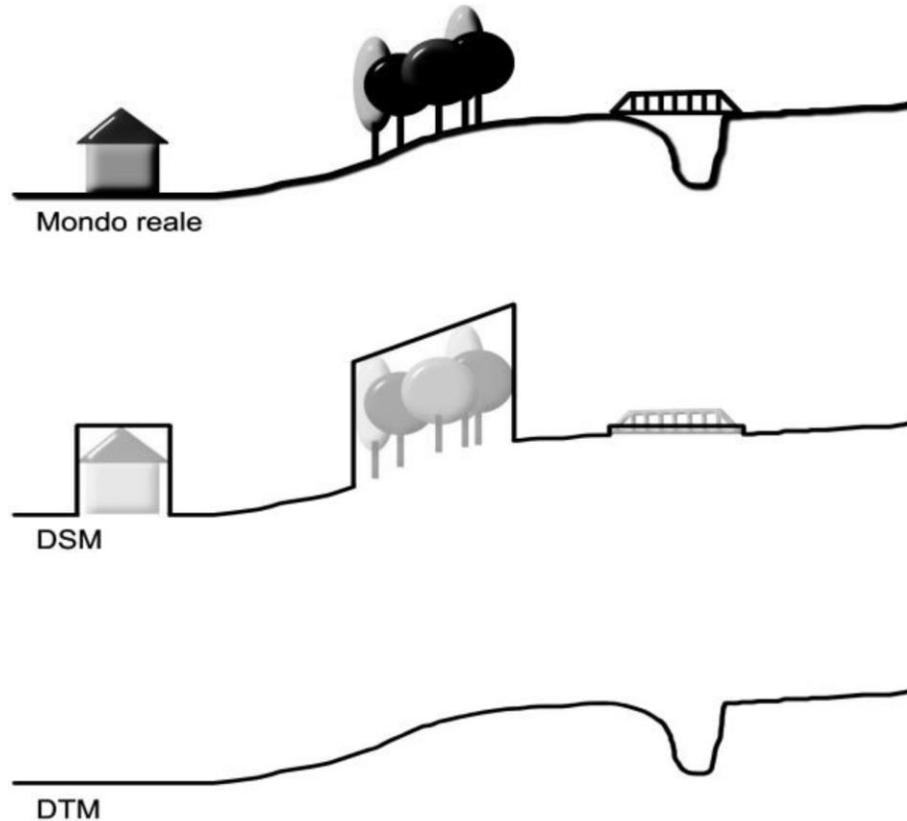


Livello di fabbisogno informativo

UNI EN 17412-1 Livello di Fabbisogno Informativo



INFORMAZIONI GEOMETRICHE



gli oggetti digitali per le infrastrutture sono caratterizzati da legami relazionali eterogenei con numerosi altri modelli territoriali di contesto

Livello di fabbisogno informativo

Modello informat. dell'opera

Modello informativo di progetto

stadio

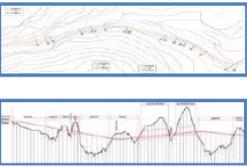
SVILUPPO

PROGRAMMAZIONE

PROGETTAZIONE

PRODUZIONE

ESERCIZIO

						
<p>Geometria Tracciato planimetrico base (2D).</p>	<p>Geometria Tracciato planimetrico comprensivo di curve di transizione. Tracciato altimetrico comprensivo di raccordi verticali.</p>	<p>Geometria Tracciato planoaltimetrico completo.</p>	<p>Geometria Modello ferroviario a superfici, costruito sull'asse 3D.</p>	<p>Geometria Modello ferroviario completo a superfici, costruito sull'asse 3D.</p>	<p>Geometria Come LOD E (rilievo di quanto eseguito)</p>	<p>Geometria Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su tracciati esistenti: Come LOD C o D (a partire da).</p>
<p>Oggetto Asse 2D</p>	<p>Oggetto Asse 2D nel piano orizzontale Asse 2D nel piano verticale</p>	<p>Oggetto Asse 3D</p>	<p>Oggetto Assi 3D Superfici 3D</p>	<p>Oggetto Assi 3D Superfici 3D</p>	<p>Oggetto Assi 3D Superfici 3D</p>	<p>Oggetto Assi 3D Superfici 3D</p>
<p>Caratteristiche</p> <ul style="list-style-type: none"> Lunghezza rettilifi Raggi curve circolari 	<p>Caratteristiche</p> <ul style="list-style-type: none"> Parametri curve di transizione Livellette Raccordi verticali Progressive chilometriche Normativa ferroviaria 	<p>Caratteristiche</p>	<p>Caratteristiche</p> <ul style="list-style-type: none"> Sezione trasversale Sagoma limite Sopraelevazione ferroviaria in curva 	<p>Caratteristiche</p> <ul style="list-style-type: none"> Sezioni tipo Scarpate Impianti di linea Volumi di materiale (movimenti terra, sovrastruttura, ecc.) 	<p>Caratteristiche</p> <ul style="list-style-type: none"> Certificazioni di prodotto Certificati di omologazione Informazioni su terre e rocce da scavo Esiti prove in situ Esiti prove di laboratorio 	<p>Caratteristiche</p> <ul style="list-style-type: none"> Data di ultima manutenzione Soggetto manutentore Tipologia di intervento Esiti rilievi



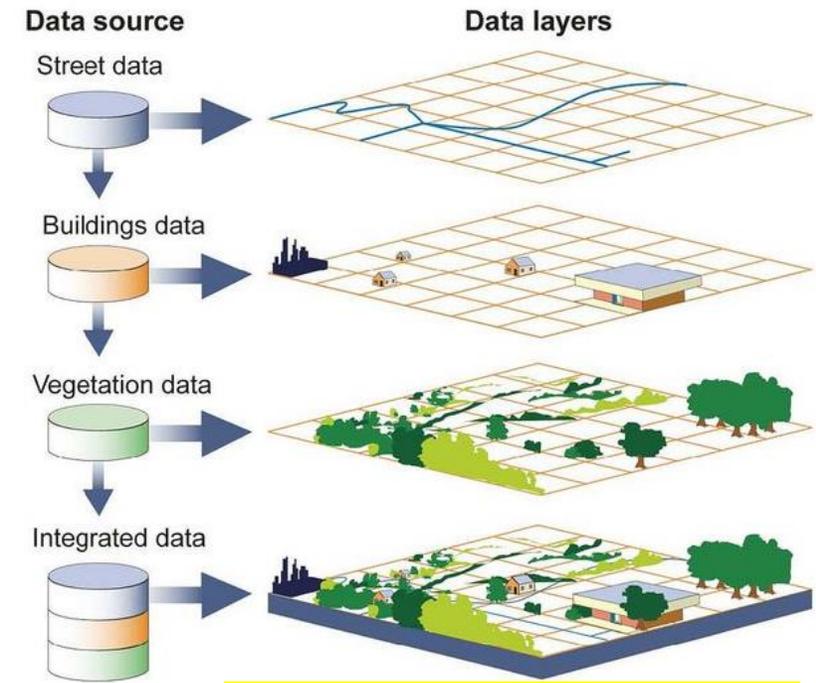
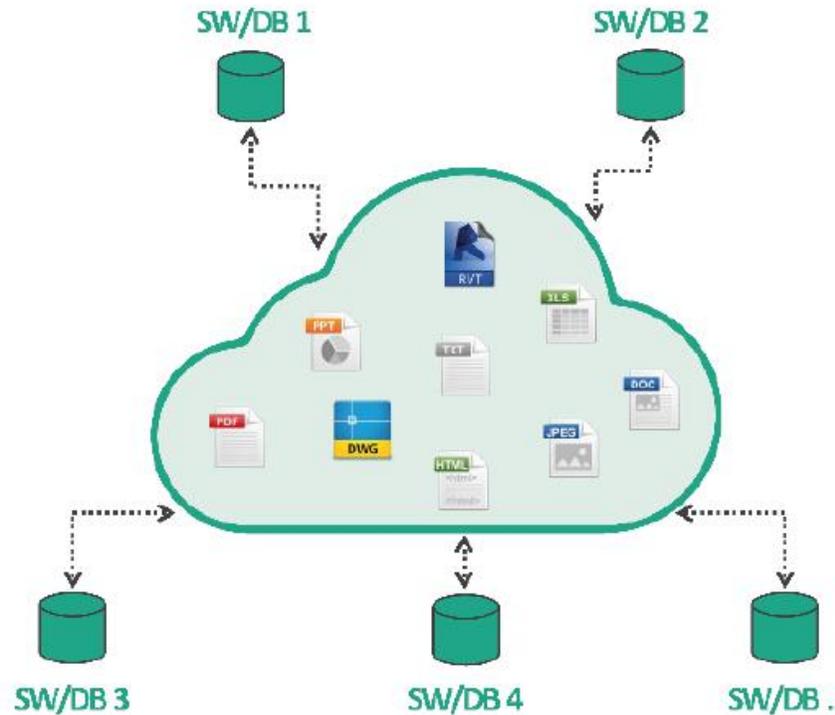
BIM negli appalti PNRR e PNC: il DL Semplificazioni 2021

La norma presente nell'articolo 48, comma 6, del DL tratta:

- il **punteggio premiale**: *“Le stazioni appaltanti che procedono agli affidamenti di cui al comma 1, possono prevedere, nel bando di gara o nella lettera di invito, l’assegnazione di un punteggio premiale per l’uso nella progettazione dei metodi e strumenti elettronici specifici di cui all’articolo 23, comma 1, lettera h), del decreto legislativo n. 50 del 2016”;*
- le **piattaforme interoperabili e i formati aperti non proprietari**: *“Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti”;*
- l'**emissione di un ulteriore provvedimento attuativo**: *“Entro trenta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, con provvedimento del Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili, sono stabilite le regole e specifiche tecniche per l’utilizzo dei metodi e strumenti elettronici di cui al primo periodo, assicurandone il coordinamento con le previsioni di cui al decreto non regolamentare adottato ai sensi del comma 13 del citato articolo 23”.*



Piattaforme interoperabili



Interoperabilità BIM / GIS



Piattaforme interoperabili e formati aperti non proprietari DL Semplificazioni 31 maggio 2021

Gli strumenti BIM ai quali può essere attribuito il punteggio premiale *“utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti”*.

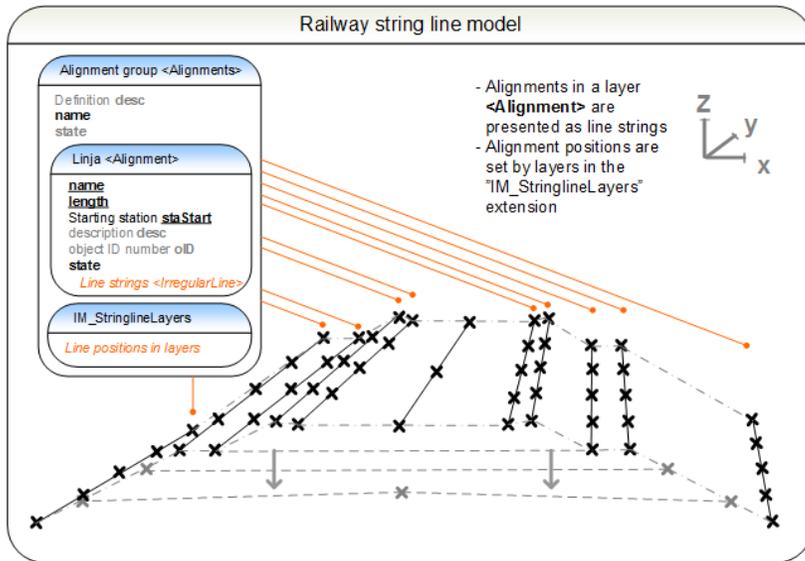
La precisazione del DL Semplificazioni riproduce regole note nel settore degli appalti pubblici con metodologia BIM, già riportate sia nel Codice dei Contratti Pubblici all'articolo 23, c. 13, sia nel DM 560/2017 all'articolo 4.

Pertanto anche se proposto dal concorrente in sede di gara e perciò suscettibile di godere di un punteggio premiale da parte della Stazione Appaltante, l'uso del BIM dovrà essere comunque rispettoso delle regole generali di interoperabilità e non discriminazione dettate per l'adozione del BIM negli appalti pubblici.



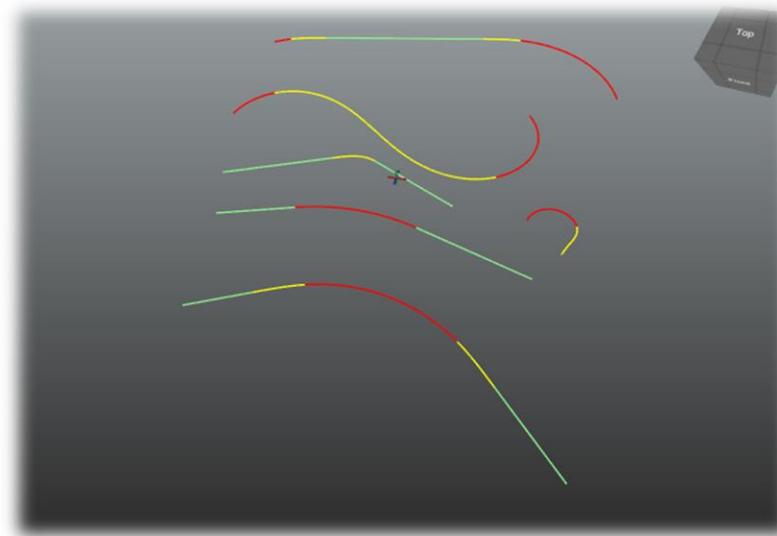
Interoperabilità: formati OPEN

LandXML

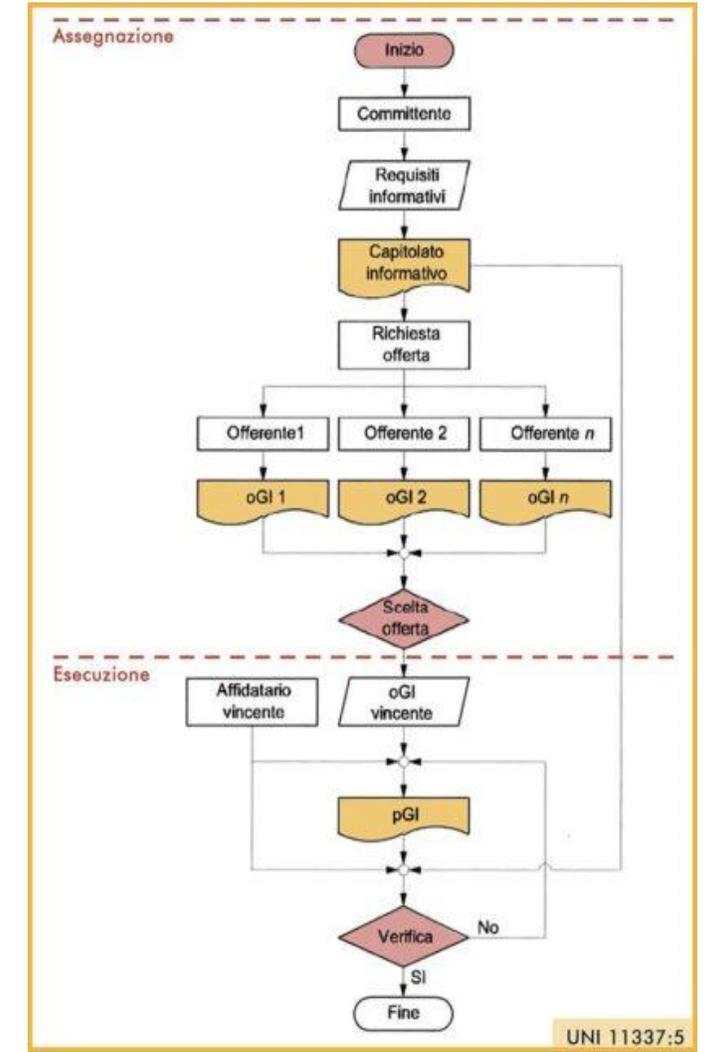


Finnish Inframodel application documentation for LandXML v1.2 Version 4 : 2017

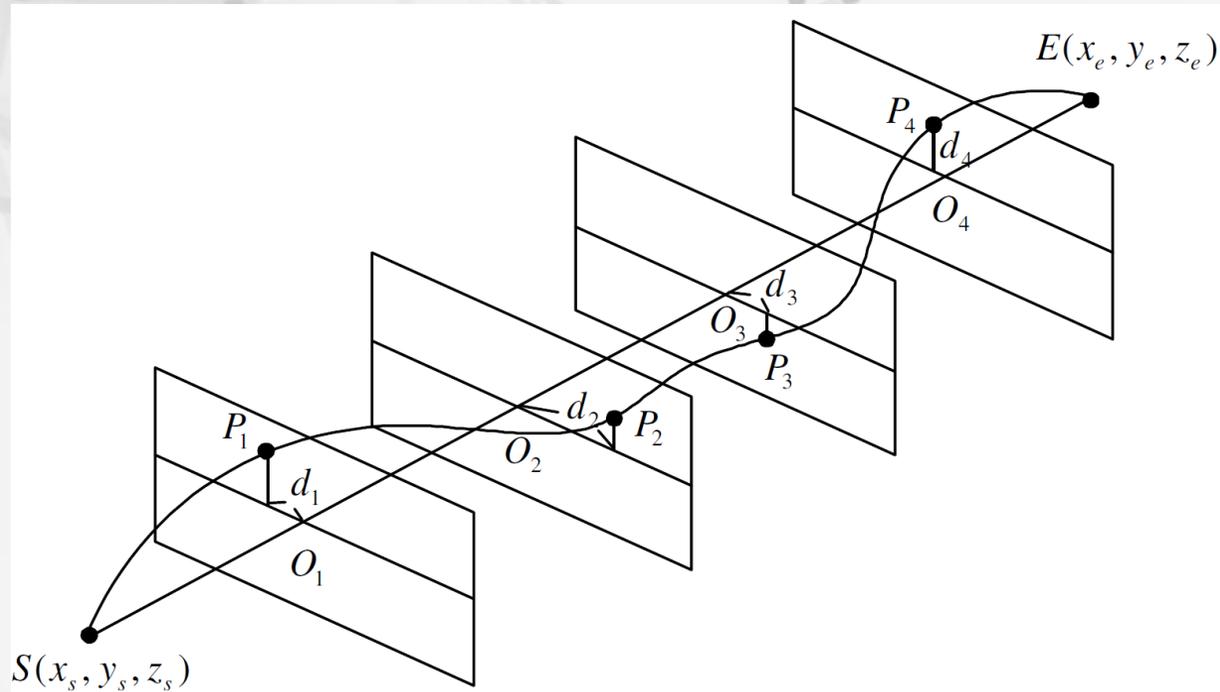
IFC



IFC4x1 Alignment Extension - 1.0.1 [Final Standard]
 (c) 2015 buildingSMART International Ltd



Algoritmi di ottimizzazione del tracciato



The single objective optimization included formulation of a single objective function, and a set of constraints. The objective function consists of alignment sensitive costs, such as user cost (C_U), right-of-way cost (C_R), pavement cost (C_P), earthwork cost (C_E) and structure cost (C_S) as shown in Eq. (2a). These costs are formulated as functions of decision variables, which are reported in our previous works [5, 7]. Additional cost functions can be formulated as desired.

$$\text{Minimize } C_T = C_U + C_R + C_P + C_E + C_S \quad (2a)$$

$$\text{subject to } x_0 \leq x_{P_i} \leq x_{\max}, \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (2b)$$

$$y_0 \leq y_{P_i} \leq y_{\max}, \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (2c)$$

$$z_0 \leq z_{P_i} \leq z_{\max}, \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (2d)$$

where (x_0, y_0, z_0) and $(x_{\max}, y_{\max}, z_{\max})$ are upper and lower limits of the search space, respectively [1-3].

[1] M.K. Jha, *Criteria-Based Decision Support System for Selecting Highway Alignments*. *Journal of Transportation Engineering*, 129(1), pp. 33-41, 2003.

[2] M.K. Jha and P. Schonfeld, "A Highway Alignment Optimization Model using Geographic Information Systems", *Transportation Research, Part A*, 38(6), pp. 455-481, 2004.

[3] J.-C. Jong and P. Schonfeld, "An Evolutionary Model for Simultaneously Optimizing 3-Dimensional Highway Alignments," *Transportation Research, Part B*, 37(2), pp. 107-128, 2003.

[5] J.-C. Jong, M.K. Jha, and P. Schonfeld, "Preliminary Highway Design with Genetic Algorithms and Geographic Information Systems", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 15(4), pp. 261-271, 2000.

[6] M.K. Jha and P. Schonfeld, "Integrating Genetic Algorithms and GIS to Optimize Highway Alignments," *Transportation Research Record* 1719, pp. 233-240, 2000.

[7] J.-C. Jong and P. Schonfeld, "Cost Functions for Optimizing Highway Alignments," *Transportation Research Record* 1659, pp. 58-67, 1999.



Caso studio: AV Salerno-Reggio Calabria



Identificazione dei vincoli

- Aree tutelate
- Opere esistenti
- Idrografia
- Vincoli geometrici

Sovrastruttura non convenzionale

STEP 1
Inquadramento territoriale del tracciato di riferimento

STEP 2
Ottimizzazione assistita Algoritmo

STEP 3
Identificazione del tracciato ottimale

STEP 4
Ricerca di tracciati alternativi

STEP 5
Confronto dei risultati

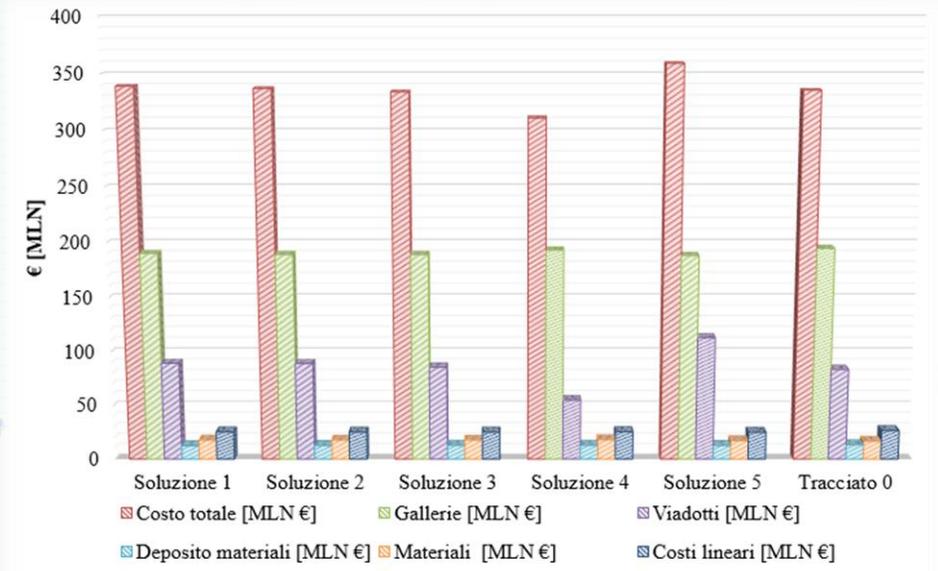
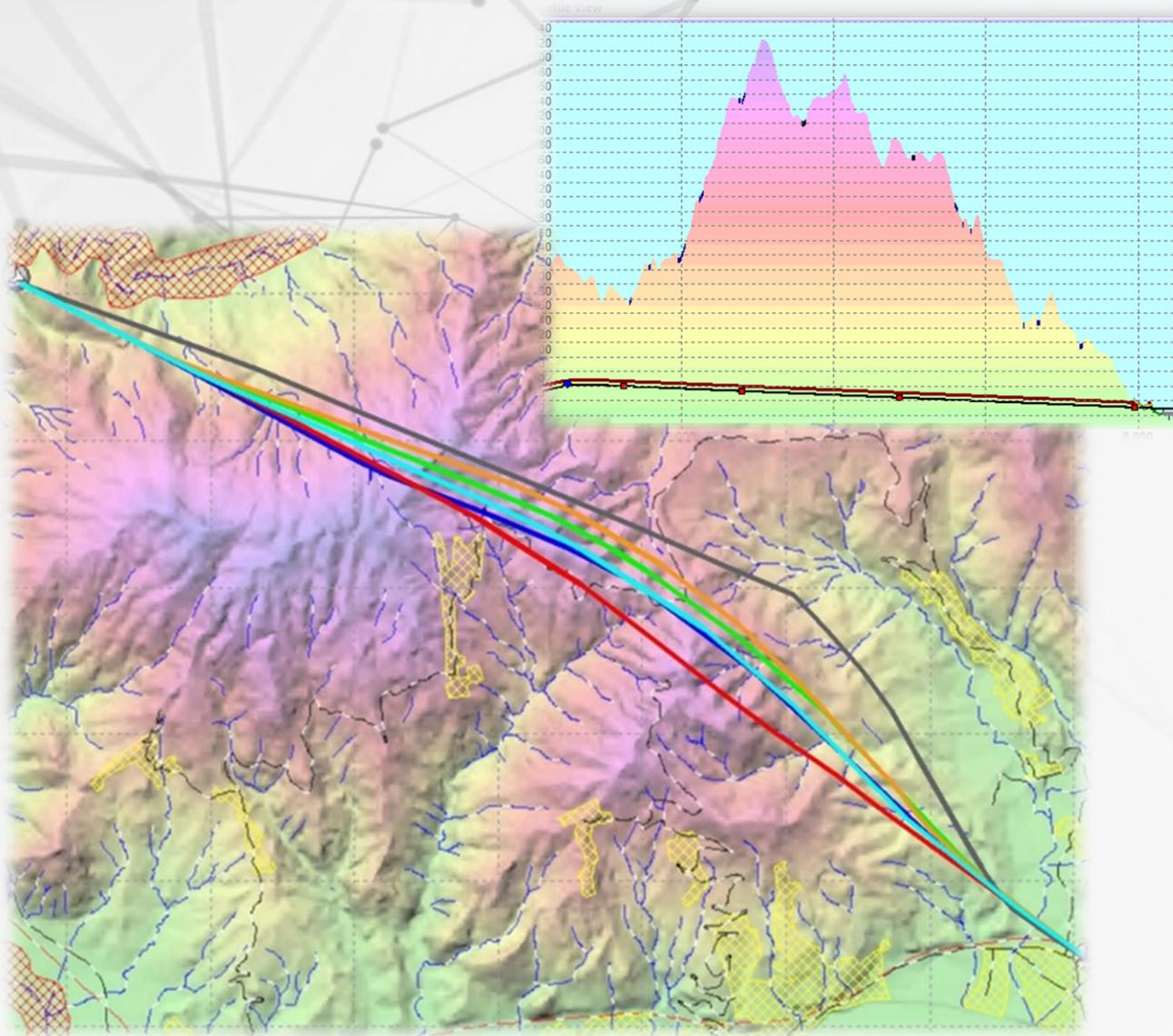
Identificazione dei costi

- Movimenti terra
- Sovrastruttura
- Viadotti
- Gallerie

Sezione trasversale ridotta in galleria



Caso studio: Variante Villammare



	Soluzione 1	Soluzione 2	Soluzione 3	Soluzione 4	Soluzione 5	Tracciato 0
Costo totale [MLN €]	339	337	334	311	359	335.4
Gallerie [MLN €]	190	189	189	193	188	194.5
Viadotti [MLN €]	89.5	89.3	85.8	55.2	113	83.8
Deposito materiali [MLN €]	12.6	12.8	13	13	12.8	13.4
Materiali [MLN €]	17.9	17.8	17.8	18.2	17.3	16.8
Costi lineari [MLN €]	25.5	25.4	25.4	25.7	25.2	26.8
Lunghezza totale [m]	8916	8883	8844	8846	8798	9070
Lunghezza gallerie [m]	7900	7860	7860	7960	7800	8350
Lunghezza viadotti [m]	513	513	492	316	647	450

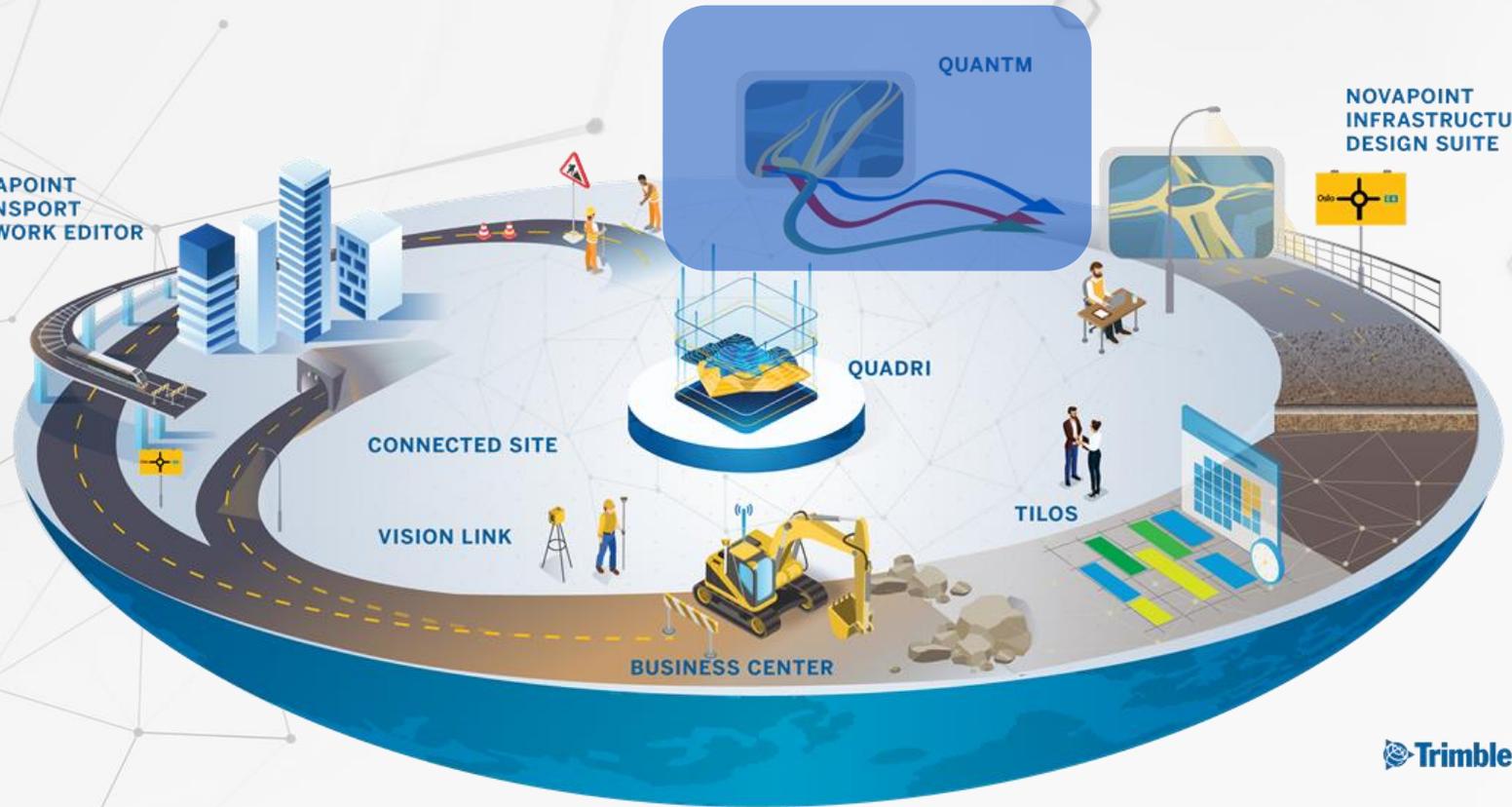


Full Continuum Solutions



Trimble Quantm:
Software per lo studio
di fattibilità ed
ottimizzazione di
tracciati stradali e
ferroviari.

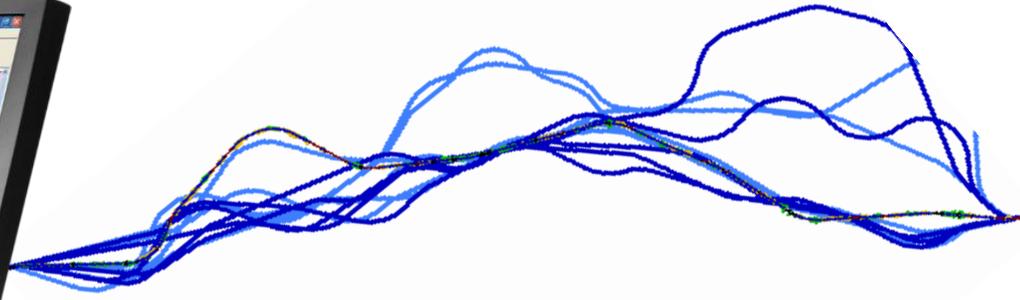
NOVAPOINT
TRANSPORT
NETWORK EDITOR



Alignment Planning: Obiettivi



Ridurre i tempi di progettazione



Ridurre i costi di costruzione



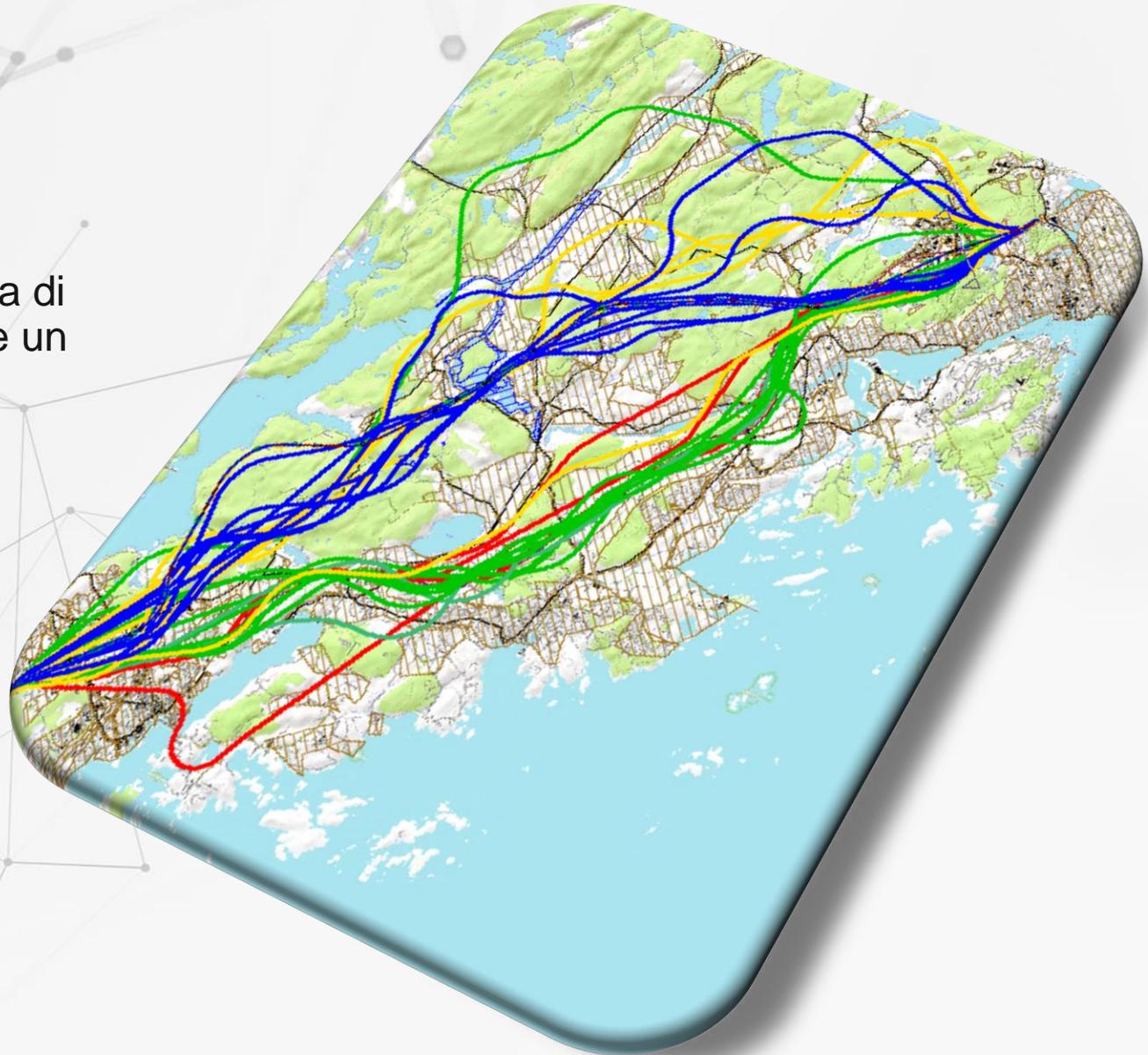
Ricerca e stima di soluzioni alternative

Trimble Quantm

Quantm è uno strumento software pensato per l'individuazione ottimizzata di corridors e alignments tra un punto A e un punto B.



Quantm



Tipologie di progetti

10miles



1km



Highway

Railway

Pipelines

Roads



High speed rail

250000m

Panoramica software

Project Data

Digital Terrain Model (DTM)

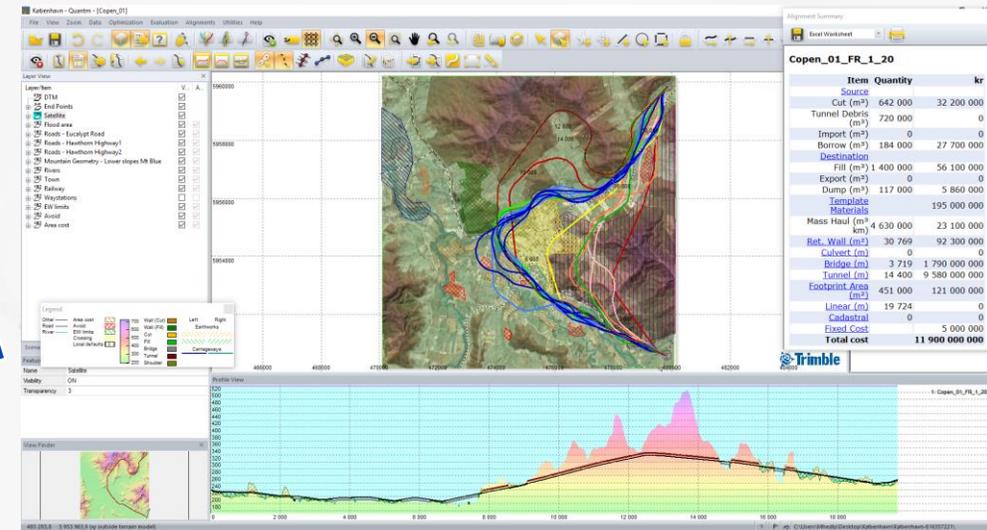
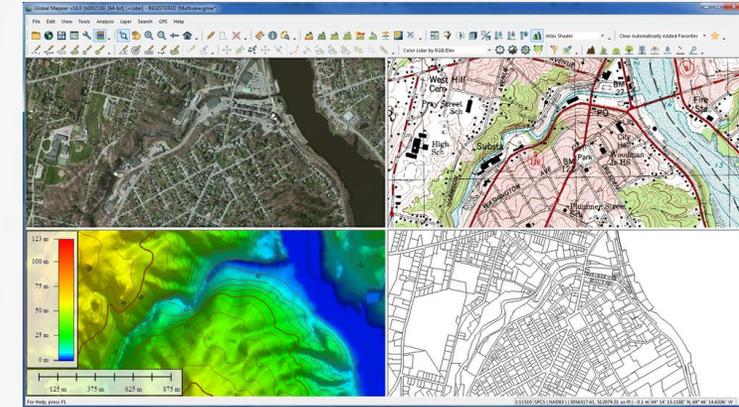
Satellite Photo

Cost

Alignment Geometry

Rules
Geology

Visualization
Export

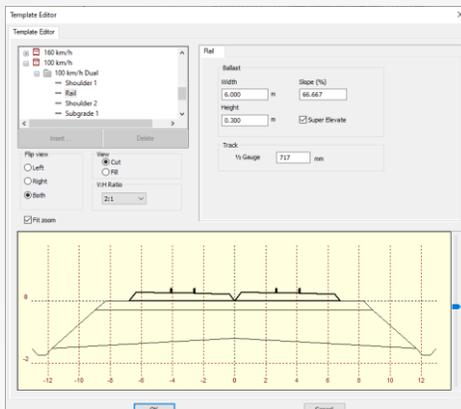


Parametri



TEMPLATE

Definizione sezioni trasversali stradali/ferroviarie ed elementi associati



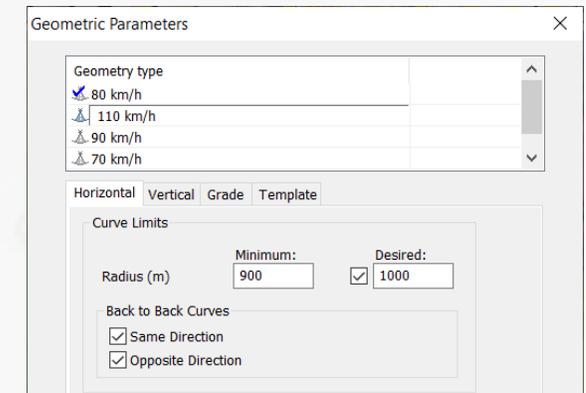
COSTI

Associazione voci di costo parametriche per movimento terra, geologia, materiali, strutture, globali, lineari, areali, fissi

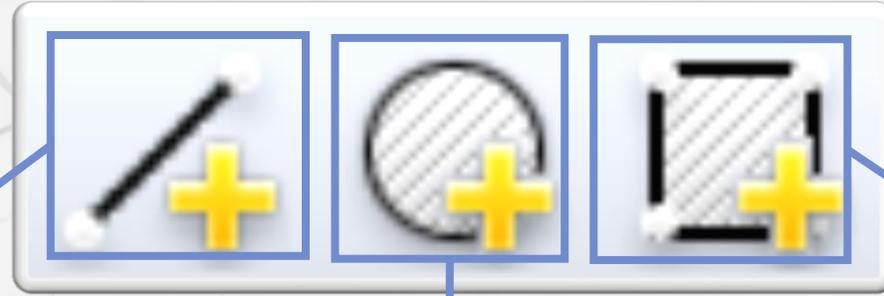
Name	Class	€/m³	Slope (%)	Usable %	Compaction	CO2/m³
Top soil	Strip	8,00	50,00	0,00	1,00	2,00
Soil	Ordinary	4,00	70,00	80,00	0,90	2,50
Broken rock	Ordinary	8,00	1000,00	100,00	1,00	4,00
Sand	Ordinary	4,00	100,00	80,00	1,00	2,00
Swamp	Ordinary	15,00	20,00	0,00	1,00	2,00

GEOMETRIA

Definizione parametri per la costruzione geometrica del tracciato: planimetrici, altimetrici e di sezione



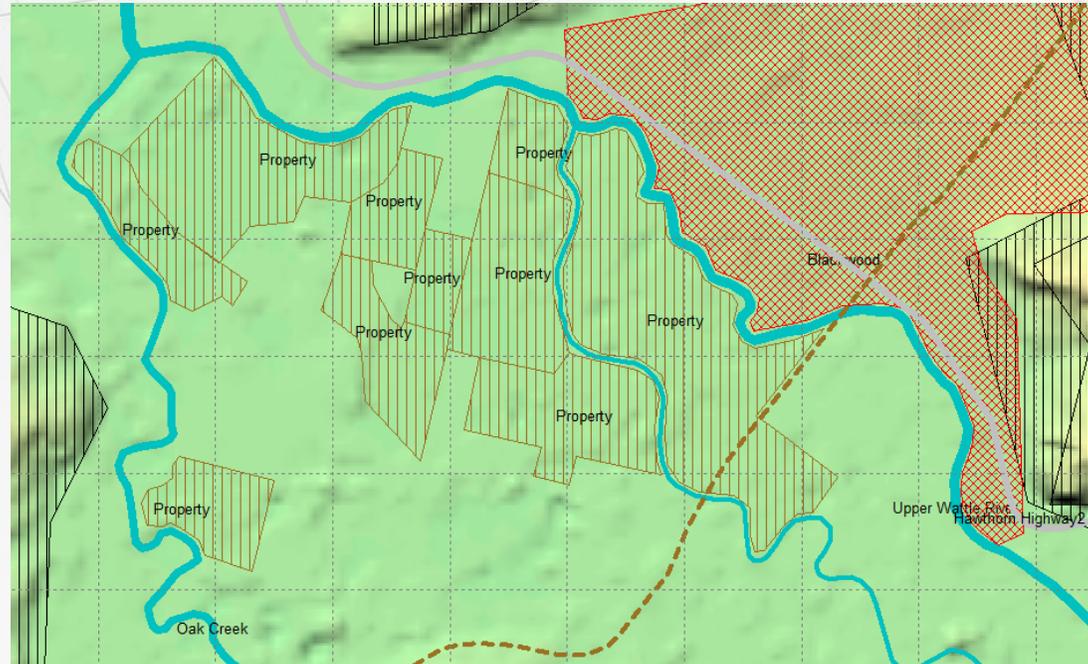
Vincoli



LINEAR FEATURE

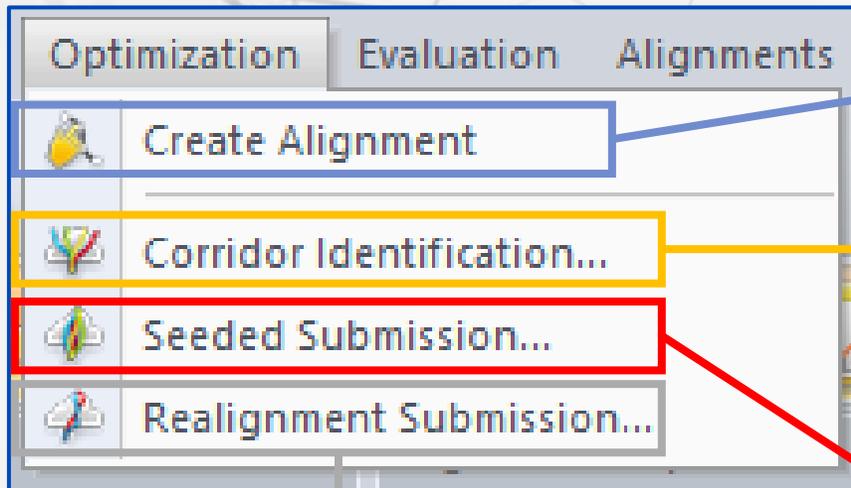
ZONE

GLOBAL ZONE



Processo di Ottimizzazione

Step successivi



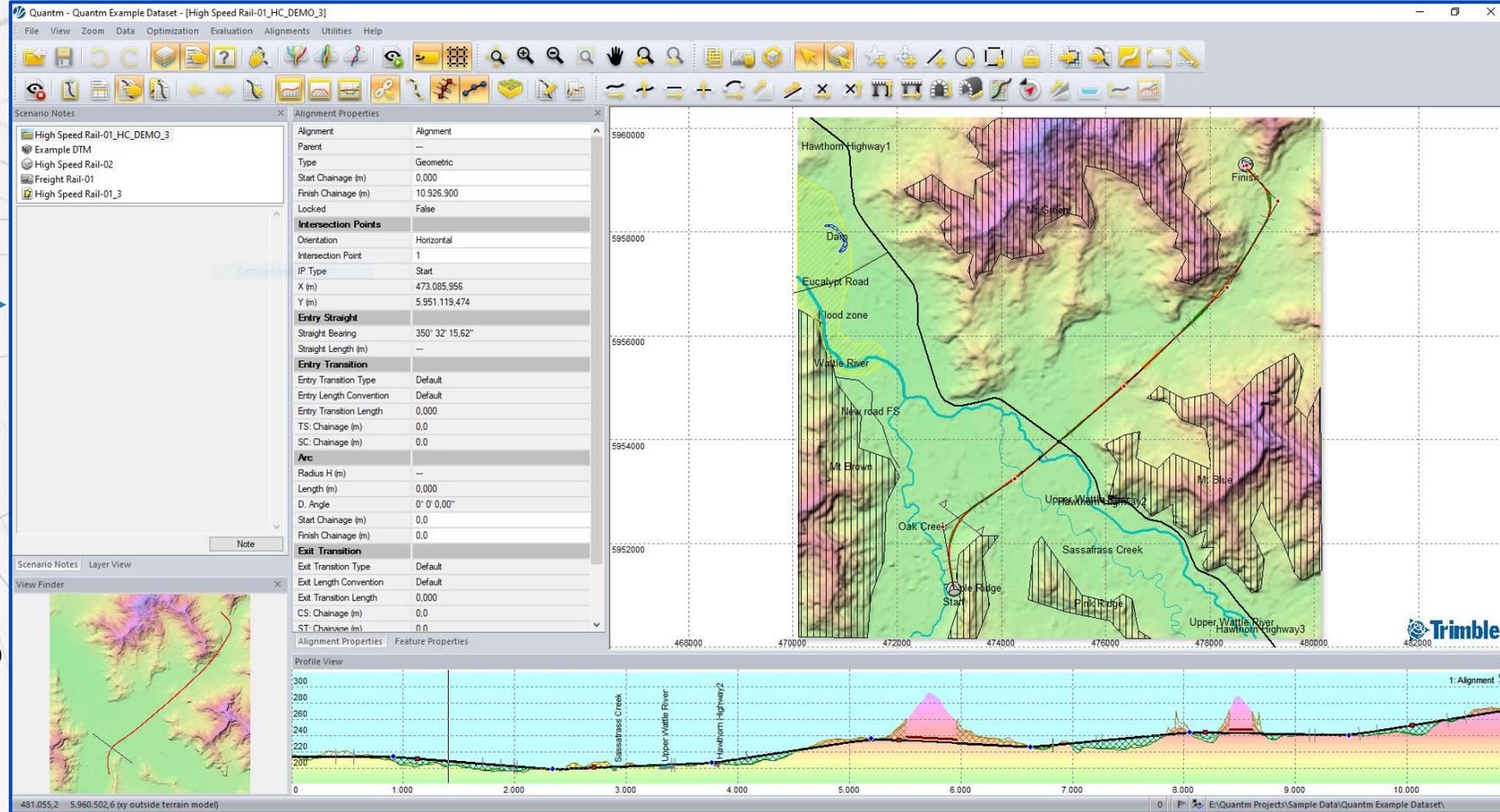
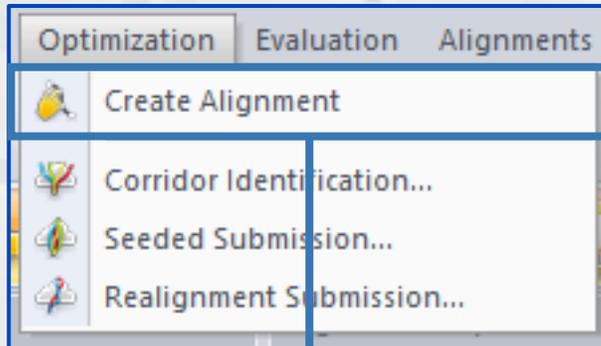
Tracciamento per punti

Restituisce un insieme di tracciati che esplorano la superficie di territorio disponibile, tramite ricerca libera (*free to roam*) oppure basata su polilinea (*quick seed*).

Restituisce un insieme di tracciati a partire da un tracciato di primo tentativo (*seed*), possibilità di agire sugli IP o confinare la ricerca per progressive/altimetria.

Analogo alla *Seeded Submission* ma con l'obiettivo di riutilizzare un tracciato esistente.

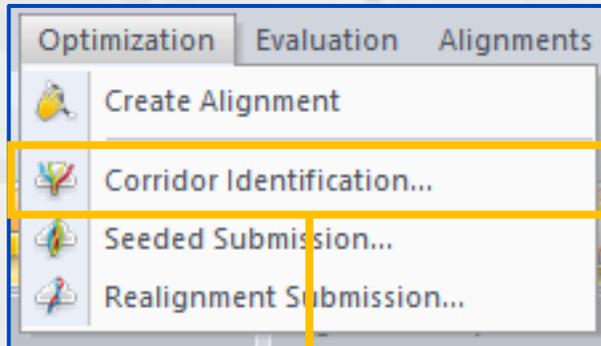
Ottimizzazione – Create Alignment



CREAZIONE ALIGNMENT
Tracciamento per punti

MODIFICA ALIGNMENT
Modifica del tracciato
planoaltimetrico agendo sui grip

Ottimizzazione – Corridor Identification



Corridor Identification

Optimization Type

Free to Roam Geometric
 Quick Seed Curvilinear

Name

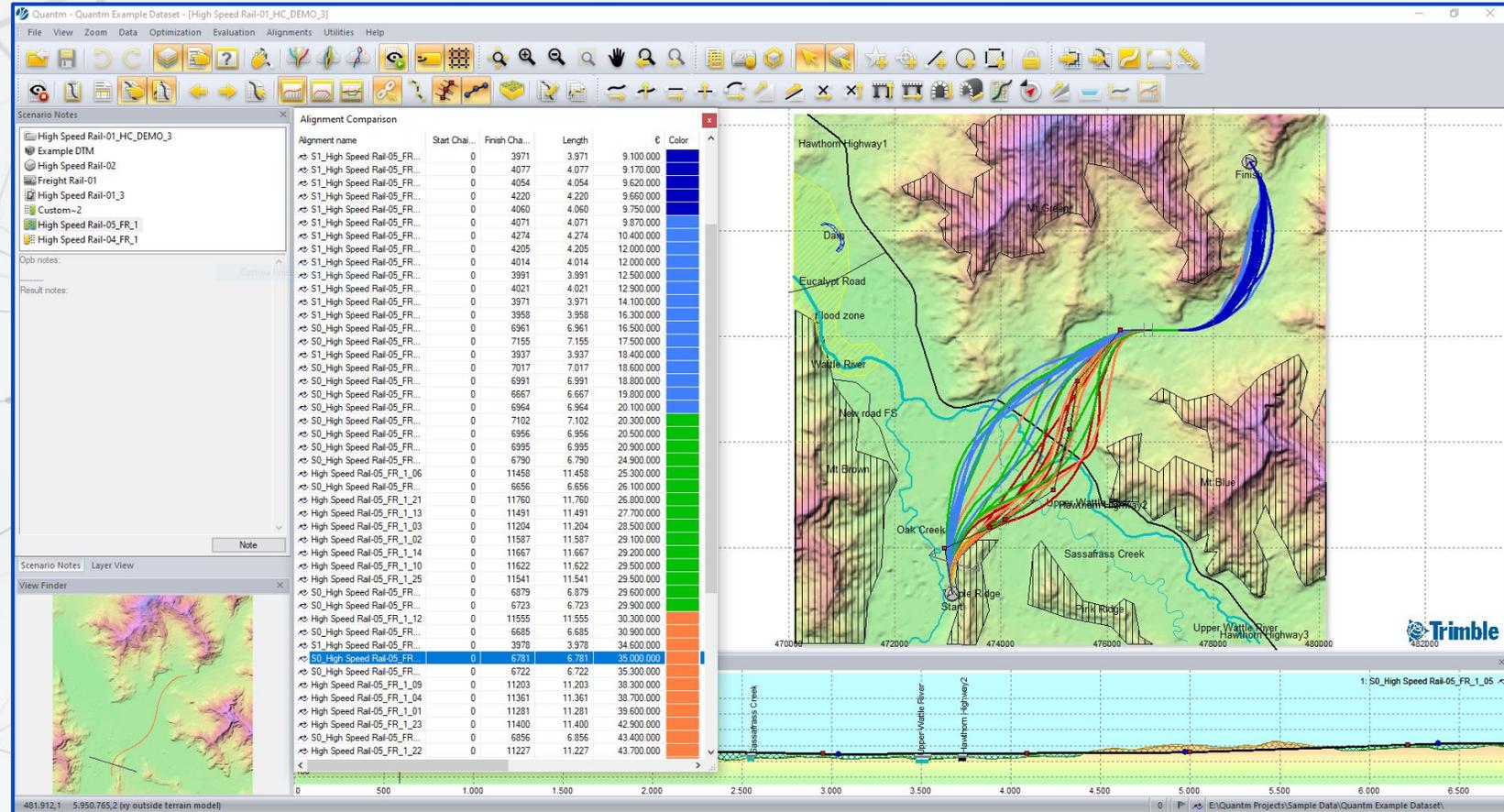
Job name:

Number of Alignments Returned: (13)

Description

Unseeded Optimization – Produces a sample of alignments exploring the available land surface

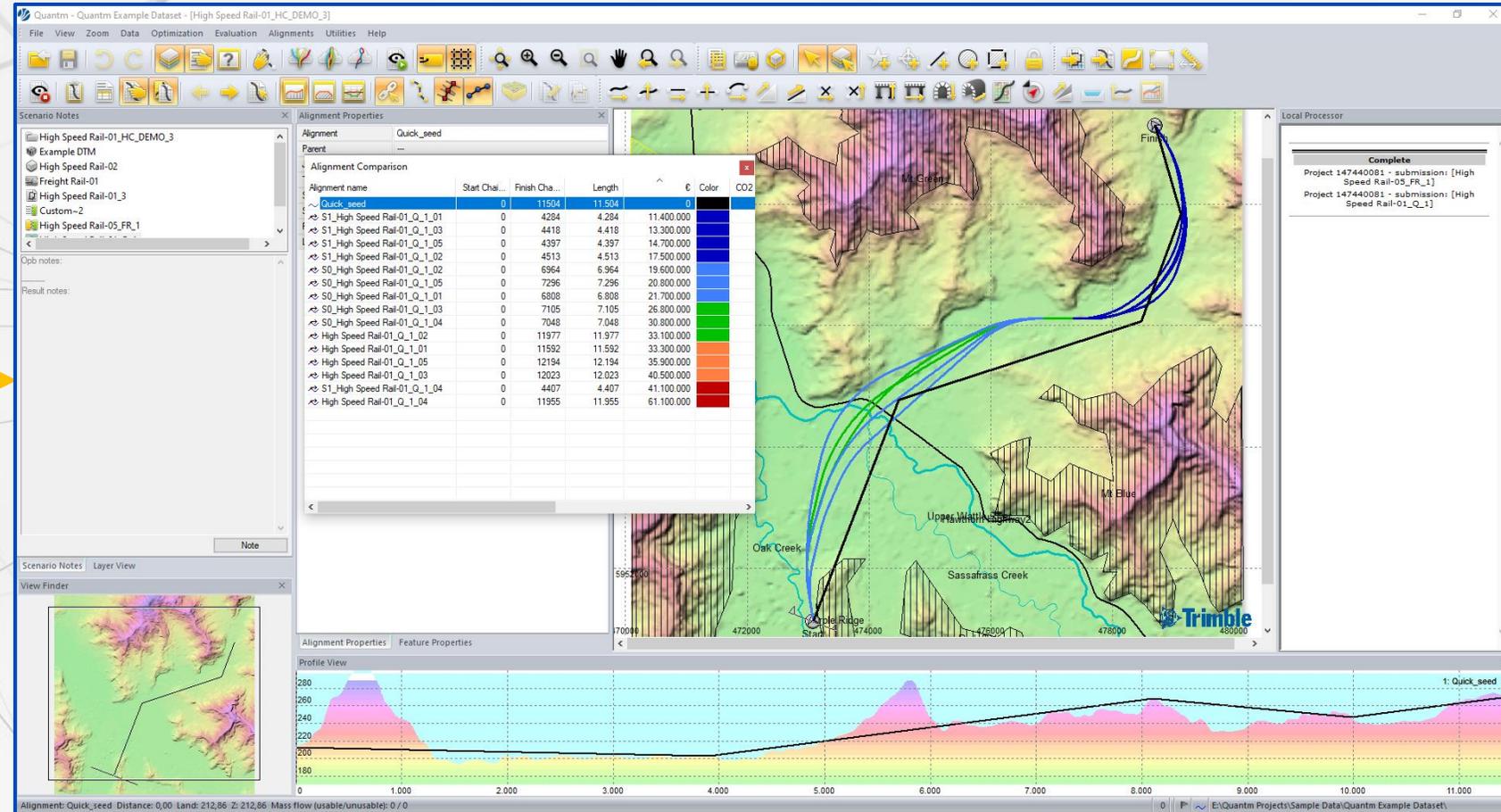
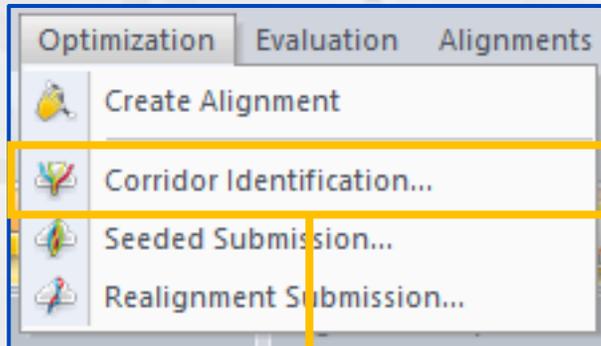
Notes:



IDENTIFICAZIONE DEL CORRIDOR

- Free to Roam
- Quick Seed

Ottimizzazione – Corridor Identification



Corridor Identification

Optimization Type

Free to Roam Geometric

Quick Seed Curvilinear

Name

Job name: High Speed Rail-04_Q_1

Number of Alignments Returned: 5 (5)

Description

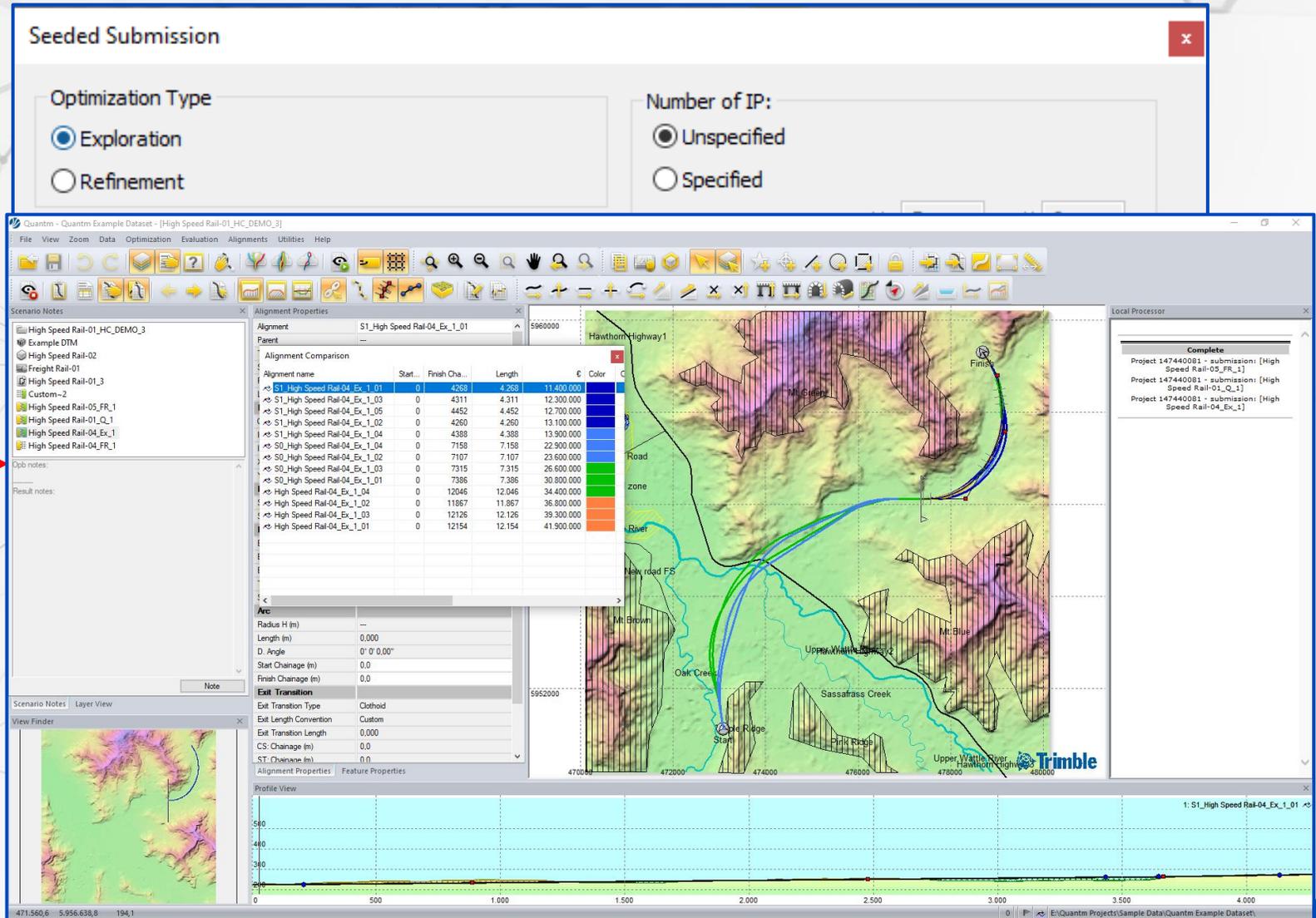
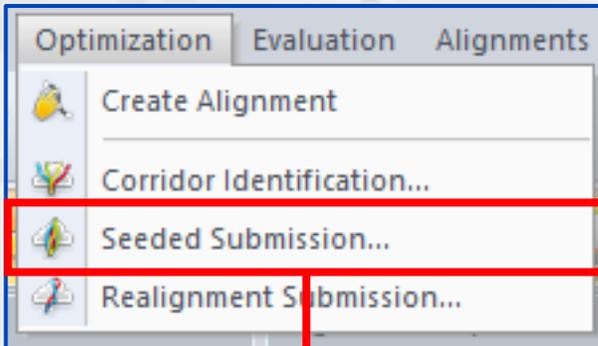
Quick Seed Optimization– Produces alignments that approximately follow a defined line

Notes:

IDENTIFICAZIONE DEL CORRIDOR

- Free to Roam
- Quick Seed

Ottimizzazione – Seeded Submission



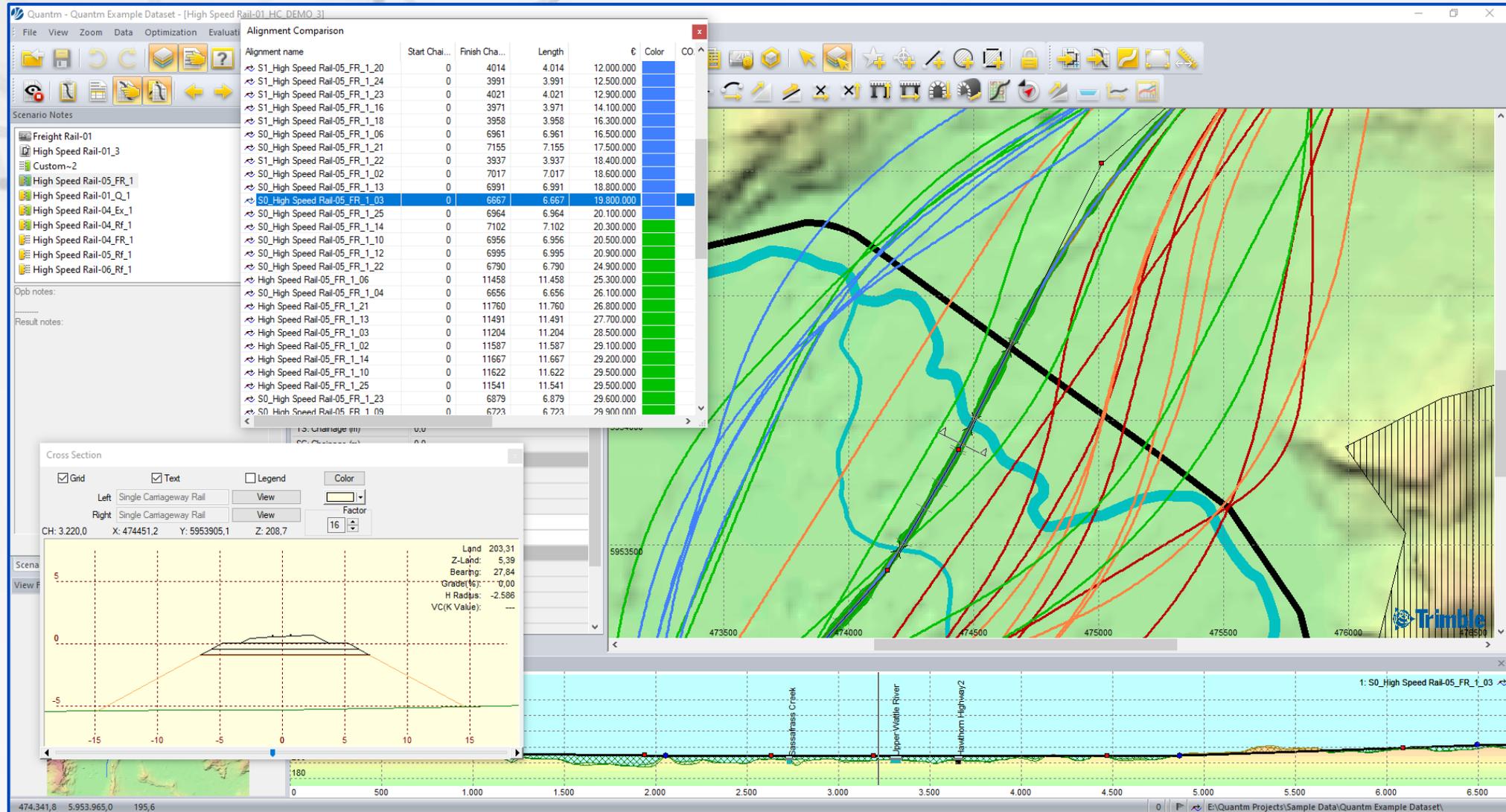
SEEDED SUBMISSION

- **Exploration + IP**
- Refinement

Option:

- Vertical Only
- Local

Analisi dei risultati



Dal'Alignment Planning al BIM Infra

Data Accuracy

1:50,000

1:20,000

1:10,000

1:5,000

1:1,000

Alignment Planning

BIM Authoring Infra

LandXML

90-97%

1%

2%

5%

Project Budget Expenditure

Scoping / Pre-Feasibility Viability

Feasibility Corridor

Planned Alignment

Preliminary Design

Fixed Alignment

Construction



since 1990

HARPACEAS

More than BIM



Viale Richard, 1 - 20143 Milano



Tel: 02-891741



info@harpaceas.it



www.harpaceas.it