Strato® 9.5

Dalla strada alla ferrovia

La nuova versione di ***Strato® 9.5***, notevolmente potenziata e migliorata, è stata recentemente utilizzata con soddisfazione ed apprezzamento nell'elaborazione dei dati di rilievo e successiva progettazione di rettifica e miglioramento di tratte ferroviarie esistenti, in particolar modo nella linea Milano-Venezia, relativamente alle zone di Vicenza, Montebello, Caldiero e Lonigo.
Strato®, strumento già utilizzato da oltre vent'anni dalle più importanti Società di progettazione ed Imprese di costruzione, sia in Italia che all'estero, oltre alla progettazione stradale e ferroviaria tradizionali ad alto livello, punti di forza da sempre del prodotto, si specializza ulteriormente sulla problematica relativa alla correzione dei tracciati ferroviari esistenti.

Relazione esecutiva relativa al rilievo topografico e studio di ottimizzazione del tracciato della tratta da Montebello a Vicenza della linea Milano-Venezia

Lavoro eseguito a cura della Società appaltatrice I.R.T. di Boninsegna G. & C. snc - Roccanova (Verona)

POLIGONALE DI PRECISIONE A LATI LUNGHI RIFERITA ALL'IGM.

In alternativa alle operazioni topografiche di inquadramento planimetrico alla vecchia rete IGM, è stato proposto di eseguire il collegamento alla rete nazionale IGM95 con l'utilizzo di strumentazione GPS in modalità "statico".
Tale attività alternativa, aveva lo scopo di eseguire il lavoro con risparmio di tempo, pur ottenendo le medesime precisioni, se non superiori, ed il risparmio economico per le attività di inquadramento e di poligonale di precisione a lati lunghi.

E' stata quindi sostituita la fase prevista per l'inquadramento alla rete e per la poligonale di precisione a lati lunghi con operazioni topografiche di precisione eseguite con la strumentazione GPS. I punti che si sono determinati con questo sistema, sono serviti per l'inquadramento cartografico, mentre la poligonale a lati corti ed il rilievo sono stati eseguiti con il sistema tradizionale, previsto dalla gara.

Per tale attività sono stati stazionati n. 4 trigonometrici della rete IGM95, a cavallo della linea ferroviaria, per oltre 2 ore.

Sono stati coordinati successivamente 4 coppie di punti, sullo sviluppo della linea da rilevare. Questi punti, visibili tra loro, in coppia, sono stati utilizzati successivamente in fase di rilievo della poligonale a lati corti, e sugli stessi sono state effettuate le relative chiusure per l'inquadramento cartografico.

Sono state garantite le precisioni richieste nel capitolato di gara.

Img1 - Stazionamento con G.P.S.

POLIGONALE A LATI CORTI

La poligonale plano altimetrica a lati corti è stata eseguita nel pieno rispetto della normativa della "Tariffa dei prezzi RA" delle ferrovie dello Stato edizione 1993 depositata presso l'Ufficio del Registro Atti Privati di Roma in data 17/05/95. Nello specifico, sono stati rispettati i parametri e le condizioni previste dall'art. A 0001425.
I vertici della poligonale, sono stati quindi posizionati per la quasi totalità (ad esclusione delle stazioni) sui basamenti dei pali o dei tralicci TE, in maniera di stabilire la visuale di ogni singolo punto da quelli contigui, ed individuare i punti da rilevare sui binari (asse e piano ferro), i punti fissi e gli ostacoli. Al di fuori delle stazioni, i vertici sono stati materializzati in modo da rispettare la minima distanza di m. 1.80 dal fungo della rotaia più vicina; in corrispondenza delle aree dei parchi stazione, tali distanze sono di gran lunga superiori.
I vertici sono materializzati con borchie di acciaio ed ottone infisse mediante foro della profondità di c.ca 6 cm e resina a doppio componente.
La distanza media dei lati di poligonale è di c.ca 200-300 metri. Lo sviluppo della poligonale è di m. 13.562,84.
Essendo limitata la distanza tra i vertici di poligonale, gli stessi sono stati considerati anche caposaldi di livellazione.
I vertici sono stati monografati con fotografia e descrizione.
Per l'esecuzione della poligonale plano altimetrica, è stata adoperata strumentazione Geotronics 640 con lettura al secondo e precisione di 2" per quanto riguarda le misure angolari. Per il rilievo delle distanze, in tutti gli stazionamenti, sono state riportate direttamente le correzioni dipendenti dalla temperatura e dalla pressione, con il controllo continuato di tali elementi.

Il rilievo della poligonale è stato eseguito con il metodo delle osservazioni a strati e dritto – capovolto; minimo tre strati, rientranti nei 15" di differenza tra il minimo ed il massimo.
La poligonale è stata chiusa sui vertici coordinati alla rete IGM 95, e compensata al fine della determinazione delle coordinate cartografiche dei vertici.
Successivamente, è stata calcolata la poligonale, senza influenzamento di compensazioni di chiusura, e riferendola al solo piano topografico. Queste coordinate sono servite successivamente alla determinazione dei Punti Fissi ed al rilievo del dettaglio ai fini progettuali.

LIVELLAZIONE DI PRECISIONE

E' stata eseguita la livellazione geometrica di precisione, con cui sono stati quotati i vertici della poligonale ed i punti fissi. E' stata collegata la linea di livellazione, alla rete IGM, su due capisaldi: il CSIGM Lv-III-050-41/41 ed il CSIGM Lv-III-050-41/51. Non è stata eseguita compensazione, ed è stata reputata buona, in quanto controllata con altri cs attigui, la quota riferita al CSIGM Lv-III-050-41/51. E' stata eseguita la livellazione in a/r dal cs IGM alla ferrovia. Sulla ferrovia, la livellazione è stata chiusa ad anello, quotando i PF di un lato e dell'altro dei binari, passando sui vertici della poligonale a lati corti.
Tale attività è stata svolta con livello Wild NAK2, micrometro Wild GPM3 e stadie Invar.
Sono state rispettate le specifiche della "Tariffa dei prezzi RA" delle ferrovie dello Stato edizione 1993 depositata presso l'Ufficio del Registro Atti Privati di Roma in data 17/05/95. Nello specifico, sono stati rispettati i parametri e le condizioni previste dall'art. A 0001427.
La discordanza dei dislivelli misurati sul totale percorso in andata su un lato ferroviario ed in ritorno sul lato opposto, sono di gran lunga inferiori alle tolleranze massime previste dalla normativa (+/- mm 3.5 $\sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in chilometri).
I punti fissi sono stati quotati con apposita "sagoma", innestata sul supporto, gli stessi sono stati adoperati come elemento di passaggio della livellazione.

RILIEVO DEI PUNTI FISSI

Il rilievo plano altimetrico dei punti fissi è stato eseguito mediante rilievo celerimetrico dalle stazioni di poligonale. Ogni punto fisso è stato determinato dai due vertici di poligonale più vicini, mediante lettura in dritto e capovolto. A tale proposito si fa presente che nell'elaborazione sono state mediate le letture dritte e capovolte. Per il rilievo è stato adoperato un prisma Wild di cui ne è stata considerata l'eccentricità in fase di calcolo (-0.034).

RILIEVO DEI BINARI E DEGLI OSTACOLI

Dai vertici di poligonale, è stato eseguito il rilievo dei due binari di corsa. Con apposita dima ogni punto del binario è stato rilevato in asse (per la posizione planimetrica), ed il piano ferro del fungo (il più basso in caso di curva), per la posizione altimetrica. Nel tratto di ferrovia da vertice a vertice, abbiamo provveduto ad eseguire il rilievo del tratto per il 50% c.ca da un vertice ed il restante da quello successivo, in modo di ridurre le distanze massime dalla stazione di rilievo a 100 – 150 metri

a favore della maggior precisione di rilievo. L'altezza del prisma è stata tenuta a m. 0.465, molto bassa, al fine di ridurre al minimo l'eventuale movimento rotativo dell'asta.

Successivamente al rilievo del binario, è stato eseguito il rilievo celerimetrico degli ostacoli, ossia tutto ciò che può interferire al traffico ferroviario: pali IE, tralicci IE, segnalazione di vario tipo, marciapiedi, pensiline, muri, illuminazione, ecc. Il punto di rilievo degli ostacoli, è la tangenza degli stessi sul lato del binario.

Img2 - Rilievo celerimetrico.

POSIZIONAMENTO PUNTI FISSI

Per questa voce, è stato rispettato quanto richiesto nell'ordinativo. In particolare sono stati apposti i perni, costituiti in monoblocco in acciaio AISI 304, mediante foro, su pali e tralicci TE. Solo in alcuni, pochissimi casi, sono state utilizzate pareti e punti luce. La numerazione attribuita al punto fisso è identificata con "P" o "T" a secondo che si tratti di palo o traliccio, ed una numerazione pari o dispari, a secondo se è riferito al binario pari o dispari

STUDIO DELLA GEOMETRIA DEI BINARI E DEFINIZIONE DELLE NUOVE LIVELLETTE.

Questa operazione è stata eseguita con ***Strato®,*** software prodotto dalla Carazzai S.r.l. e già utilizzato per la progettazione ferroviaria, opportunamente adeguato alla metodologia ed ai

parametri richiesti per lo studio della geometria del binario e per la definizione delle livellette, come richiesto da RFI Tecnico Verona.

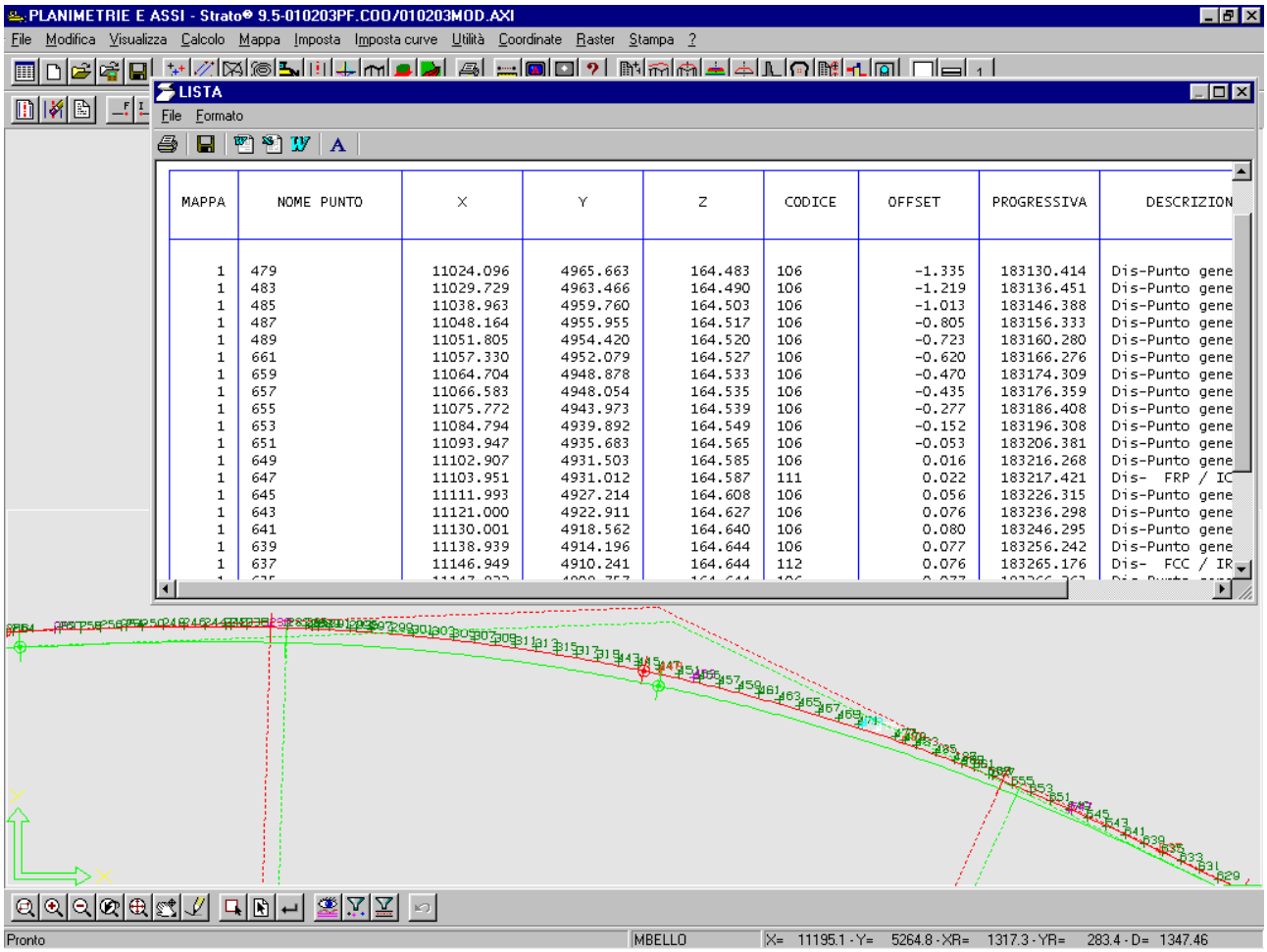
Strato® è in grado di gestire più assi ferroviari, valutare i parametri per lo studio, eseguire in modo interattivo prove e modifiche, al fine di determinare le situazioni meno critiche, più vantaggiose.

Restituzione del rilievo

La restituzione del rilievo eseguito con le metodologie sopra descritte è stata eseguita scaricando direttamente il registratore dati utilizzato con rappresentazione grafica diretta dei punti rilevati, opportunamente codificati e distinti automaticamente per tipologia (punti sui binari dispari e pari, punti fissi, ostacoli, pali, vertici di poligonale, ecc.).
La codifica dei punti è stata predisposta creando una appropriata libreria in modo da avere un accesso semplice ed immediato alle diverse tipologie di punti, sia per la visualizzazione differenziata che per la selezione in base al tipo.
Interattivamente è poi stata eseguita la rototraslazione del rilievo locale nelle coordinate reali di riferimento, con calcolo ed eventuale compensazione delle poligonali componenti il rilievo in modo da ottenere le coordinate cartesiane corrette dei punti rilevati.

Progettazione planimetrica

La progettazione planimetrica è eseguita definendo in primo luogo gli assi del binario dispari e pari esistenti, passanti per i corrispondenti punti rilevati, in modo da ottenere un riferimento planimetrico dell'esistente. Tale operazione si esegue selezionando i soli punti rilevati sul binario (mediante selezione in base ai codici) ed utilizzando l'appropriata funzione di ***Strato®*** per collegare gli stessi.
Successivamente si esegue lo studio planimetrico degli assi di progetto relativi al binario dispari e pari. Questo viene effettuato definendo prima i rettilinei componenti il binario in esame. Per eseguire questa operazione ***Strato®*** dispone di specifici comandi che permettono di posizionare e modificare interattivamente l'asse di progetto controllando immediatamente gli scarti rispetto al binario rilevato per valutarne in tempo reale la posizione ottimale.
Successivamente, eseguita la determinazione automatica dei vertici relativi alle curve, vengono definiti i parametri di progetto relativi alle curve stesse (velocità di progetto, raggi di curvatura, lunghezze dei raccordi parabolici di transizione, sovralzi) con controllo immediato sia della verifica cinematica dei valori relativi alla velocità di esercizio, accelerazione centrifuga non compensata, contraccolpo e rollio rispetto ai valori limite previsti per i vari ranghi della linea, sia delle pendenze longitudinali dei raccordi parabolici di transizione. A tale scopo è da sottolineare che ***Strato®*** prevede l'inserimento delle curve di progetto sui vertici o per elementi di tracciato (con possibilità quindi di creare curve policentriche comunque complesse) sia con il metodo approssimato, normalmente richiesto dai Capitolati FFSS, che prevede il posizionamento del raccordo parabolico simmetricamente a cavallo della tangente originaria della curva circolare, che con il metodo analitico che non crea nessuna discontinuità nei punti di tangenza e nei punti di passaggio tra parabola e cerchio.
Naturalmente sia il posizionamento, la modifica di un qualsiasi parametro o lo spostamento di un vertice od elemento di curva, prevedono costantemente il controllo immediato degli spostamenti planimetrici rispetto al binario esistente corrispondente.

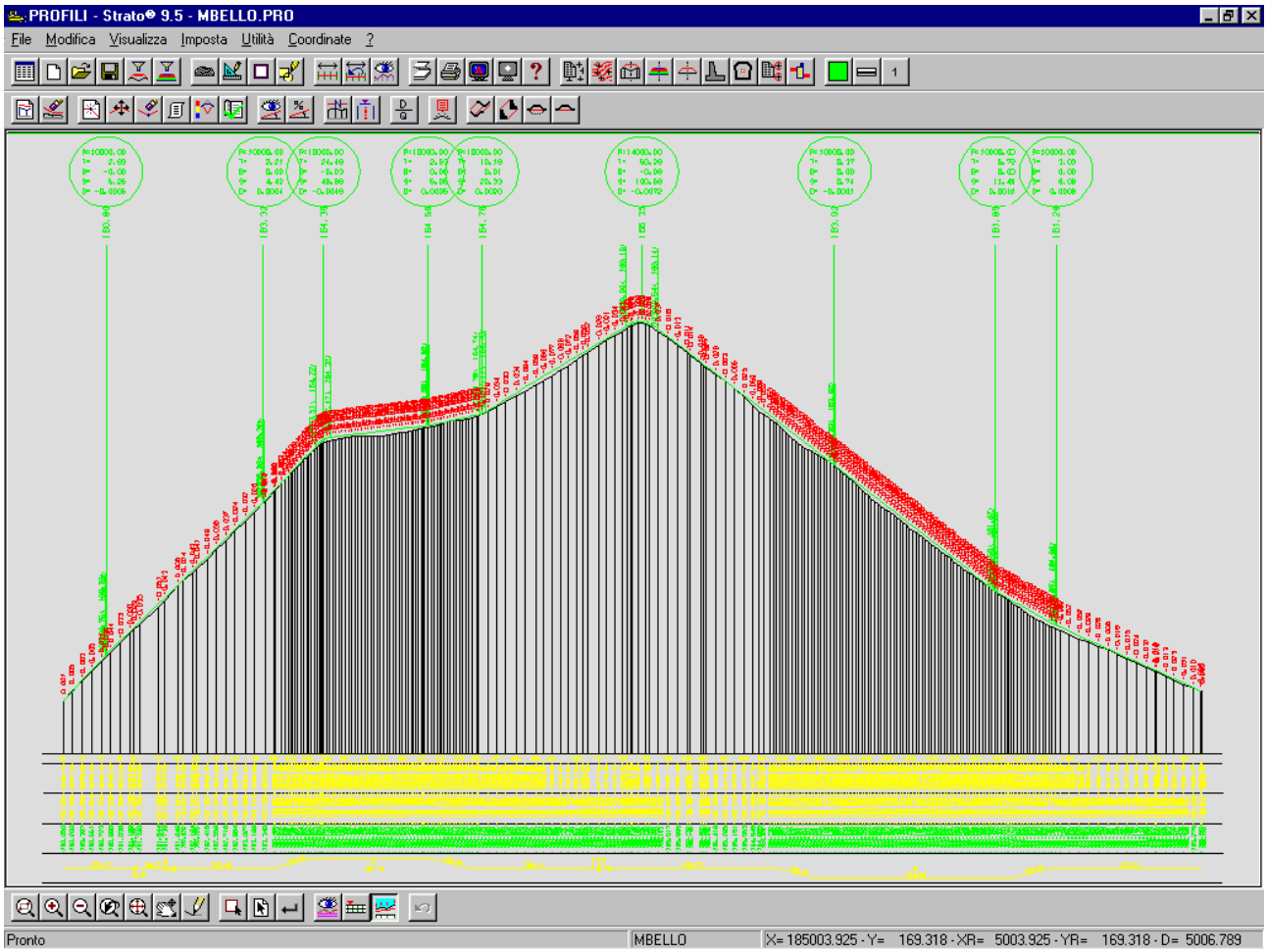


MAPPA	NOME PUNTO	X	Y	Z	CODICE	OFFSET	PROGRESSIVA	DESCRIZION
1	479	11024.096	4965.663	164.483	106	-1.335	183130.414	Dis-Punto gene
1	483	11029.729	4963.466	164.490	106	-1.219	183136.451	Dis-Punto gene
1	485	11038.963	4959.760	164.503	106	-1.013	183146.388	Dis-Punto gene
1	487	11048.164	4955.955	164.517	106	-0.805	183156.333	Dis-Punto gene
1	489	11051.805	4954.420	164.520	106	-0.723	183160.280	Dis-Punto gene
1	661	11057.330	4952.079	164.527	106	-0.620	183166.276	Dis-Punto gene
1	659	11064.704	4948.878	164.533	106	-0.470	183174.309	Dis-Punto gene
1	657	11066.583	4948.054	164.535	106	-0.435	183176.359	Dis-Punto gene
1	655	11075.772	4943.973	164.539	106	-0.277	183186.408	Dis-Punto gene
1	653	11084.794	4939.892	164.549	106	-0.152	183196.308	Dis-Punto gene
1	651	11093.947	4935.683	164.565	106	-0.053	183206.381	Dis-Punto gene
1	649	11102.907	4931.503	164.585	106	0.016	183216.268	Dis-Punto gene
1	647	11103.951	4931.012	164.587	111	0.022	183217.421	Dis- FRP / IC
1	645	11111.993	4927.214	164.608	106	0.056	183226.315	Dis-Punto gene
1	643	11121.000	4922.911	164.627	106	0.076	183236.298	Dis-Punto gene
1	641	11130.001	4918.562	164.640	106	0.080	183246.295	Dis-Punto gene
1	639	11138.939	4914.196	164.644	106	0.077	183256.242	Dis-Punto gene
1	637	11146.949	4910.241	164.644	112	0.076	183265.176	Dis- FCC / IR

Imag3 - Studio assi di progetto.

Progettazione altimetrica

La prima operazione è quella di estrarre automaticamente i profili altimetrici dei binari esistenti. Tale operazione viene eseguita in forma completamente automatica dagli assi esistenti con calcolo delle progressive riferite agli assi di progetto progettati.
Successivamente viene eseguita la progettazione interattiva delle livellette di progetto, con controllo costante delle pendenze longitudinali e degli scarti altimetrici rispetto al binario esistente.
Per tale operazione ***Strato®*** prevede diversi comandi e utilità specifici per agevolarne lo svolgimento quali la possibilità di definire qualsiasi rapporto tra progressive e quote, la visualizzazione in sovrapposizione del profilo esistente e di progetto relativo al binario adiacente con possibilità di ottenerne direttamente le quote di progetto in qualsiasi punto.
Vengono poi definiti i raccordi altimetrici sui vertici verticali con controllo interattivo della eventuale sovrapposizione degli stessi sui raccordi parabolici planimetrici.



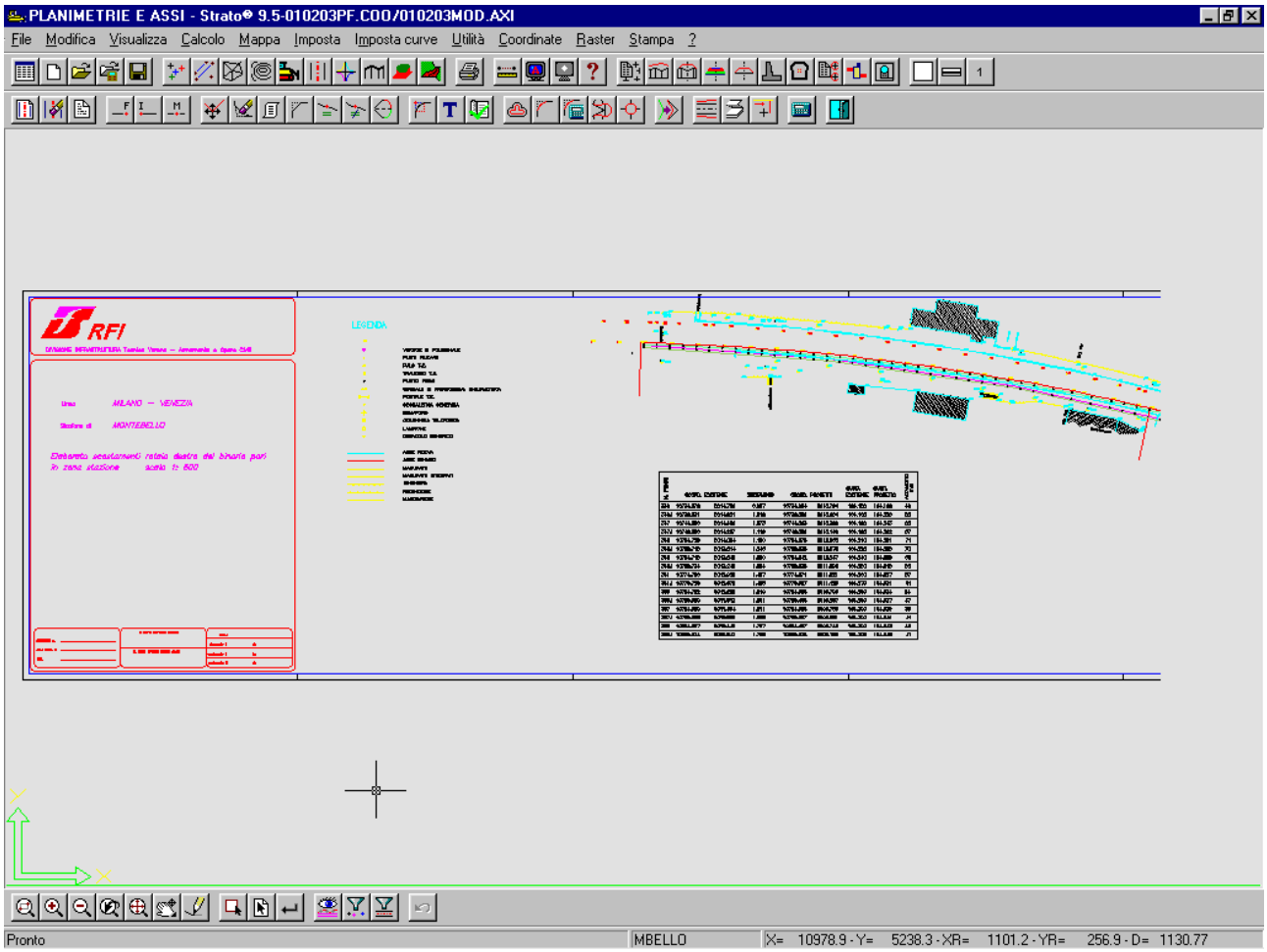
Imag4 - Studio dell'altimetria.

Elaborati definitivi

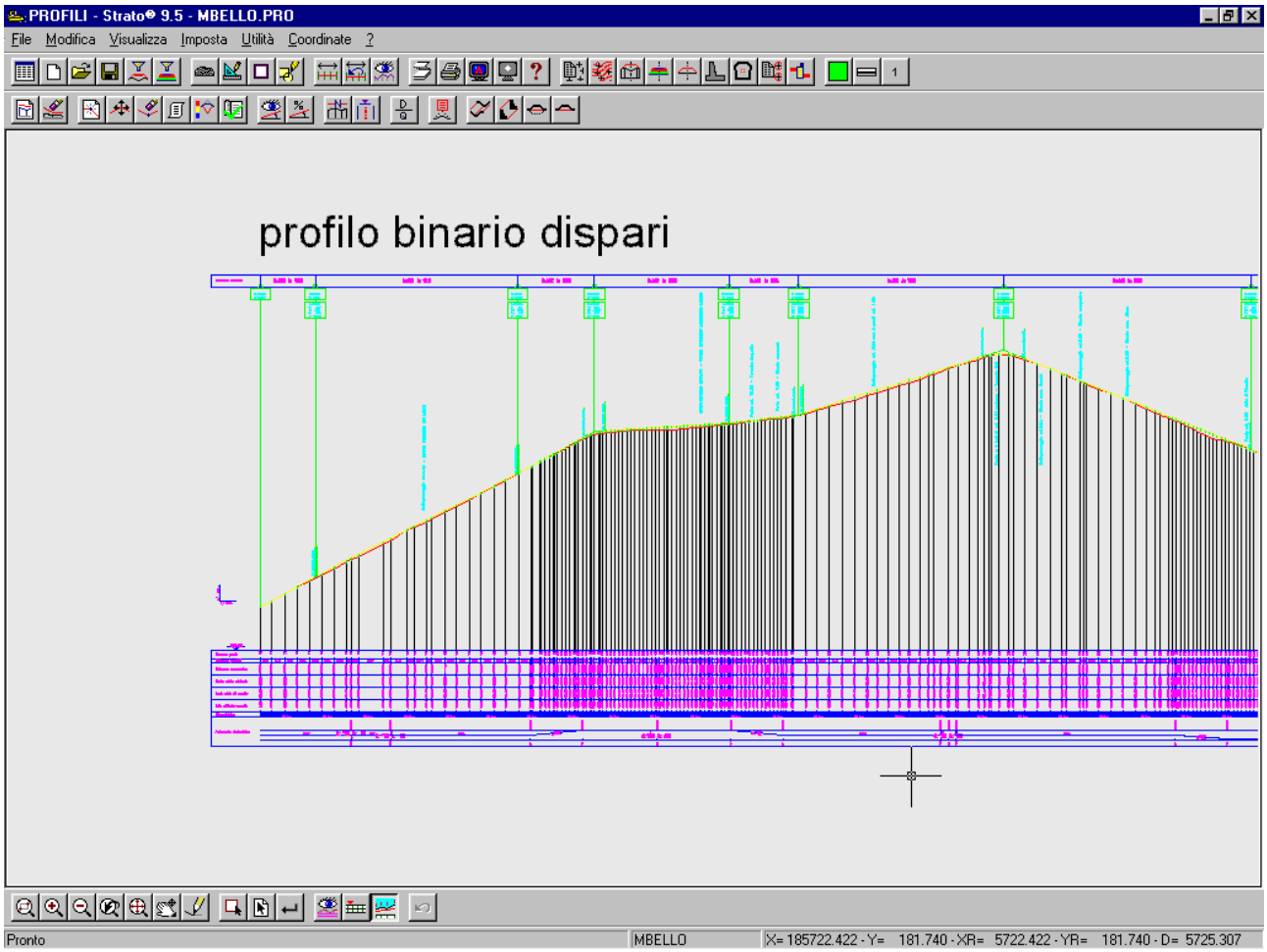
Gli elaborati grafici possono essere prodotti direttamente da ***Strato***® o trasferiti direttamente in formato DXF ad un qualsiasi CAD per eventuali operazioni di completamento grafico.
Gli elaborati numerici possono invece essere stampati direttamente o convertiti in formato Word o Excel per eventuali modifiche di impaginazione.

Elaborati grafici:

- Planimetria finale comprendente i punti rilevati distinti per tipologia, gli assi di progetto con relativi parametri di ogni curva e la eventuale cartografia di riferimento anche in formato raster.
- Profili dei binari esistenti e di progetto, con grafica e fincature di riferimento personalizzabili dall'utente, completi di tutti gli elementi relativi alle curve verticali.



Imag5 - Planimetria di progetto.



Imag6 - Profilo di progetto.

Elaborati numerici

- Listato delle caratteristiche geometriche delle curve con relative verifiche cinematiche.
- Listato degli scostamenti planimetrici ed altimetrici del nuovo tracciato rispetto all'esistente, distinto per binario dispari e pari.
- Listato degli scostamenti relativi agli ostacoli rispetto al nuovo tracciato che può essere richiesto distintamente sia per gli ostacoli costituiti dal binario rilevato adiacente, sia per gli ostacoli esterni, per poter permettere di valutare la possibile esecuzione della prima lavorazione del binario dispari o del binario pari.
- Listato della pentametrazione riferita ai punti fissi sul binario dispari e pari con riportati gli schemi planimetrici ed altimetrici delle curve orizzontali e verticali.

Microsoft Excel - Tab1.xls

Linea Milano - Venezia
Stazione di Montebello -curva n° 70 binario dispari -

VERTICE		
Coordinata Est Vertice	10905,5860	
Coordinata Nord Vertice	5032,5610	
Coordinata Est V1	10902,2984	
Coordinata Nord V1	5017,4836	
Azimut retta entrata	97,5183	
Lunghezza retta entrata	974,9977	
Azimut retta uscita	129,8164	
Lunghezza retta uscita	718,9736	
CURVA CIRCOLARE		
Senso della curva	destrorso	
Angolo al vertice	176,1215	
Angolo al centro curva circolare	23,8785	
Angolo al centro vertice originale	32,2981	
Raggio curva	966,0000	
Tangente totale	314,7352	
Sviluppo curva	362,3297	
Bisettrice	32,6722	
Tangente curva circolare	183,3191	
Raggio curva originaria	966,7130	
Tangente curva originaria	250,6233	
Coordinata Est Centro	10692,8231	
Coordinata Nord Centro	4056,8150	
Sopraelevazione	160,0000	
RACCORDI PARABOLICI	Entrata	Uscita
Sviluppo	128,0000	128,0000
Angolo deviazione	4,2098	4,2098
Spostamento parabola	0,7130	0,7130
Tangente totale	314,7352	314,7352
Tangente corta	42,7414	42,7414
Tangente lunga	85,2960	85,2960
Ascissa parabola	127,9440	127,9440
Ordinata parabola	2,8243	2,8243
Ascissa centro cerchio	64,1118	64,1118
Ordinata centro cerchio	966,7130	966,7130
Pendenza	1,2500	1,2500

	valori calcolati	valori limite
Velocità di Rango "A"	**143**	140
Velocità di Tracciato	140	
Raggio	966	
Lunghezza raccordo parabolico	128	
Sopraelevazione	160	
Accelerazione non compensata	0,59	0,60
Contraccolpo	0,18	0,25
Rollio	0,033	0,036

	valori calcolati	valori limite
Velocità di Rango "B"	**150**	160
Velocità di Tracciato	140	
Raggio	966	
Lunghezza raccordo parabolico	128	
Sopraelevazione	160	
Accelerazione non compensata	0,75	0,80
Contraccolpo	0,24	0,35
Rollio	0,035	0,038

	valori calcolati	valori limite
Velocità di Rango "C"	**160**	200
Velocità di Tracciato	140	
Raggio	966	
Lunghezza raccordo parabolico	128	
Sopraelevazione	160	
Accelerazione non compensata	1,00	1,00
Contraccolpo	0,35	0,40
Rollio	0,037	0,040

Tab1 - Caratteristiche delle curve e verifiche cinematiche.

Microsoft Excel - Tab2.xls

TABULATO PENTAMETRAZIONE		Montebello		Binario dispari			data			Pag. 1				
		Progressiva	Progres.	Distanza			Schema	Schema	Intervia	Intervia	Intervia	Coordinate asse binario		
N.Punto Fisso	Descrizione			dalla	Disliv.	H					di			
		FS	Parziale	rotaia			Planimetrico	Altimetrico	rilevata	provvisoria	progetto	X	Y	Z
PF47	Punto fisso dispari	182795,868	42,742	-2,236	-0,508	131			6,361	5,692	6,198	10695,926	5022,828	164
		182800	4,132	-2,19	-0,541	136			6,349	5,625	6,172	10700,058	5022,798	164
		182805	9,132	-2,154	-0,58	142			6,323	5,544	6,138	10705,057	5022,742	16
		182810	14,132	-2,141	-0,62	149			6,302	5,468	6,103	10710,057	5022,663	164
		182815	19,132	-2,153	-0,66	155			6,261	5,37	6,067	10715,056	5022,559	164
		182818,993	23,124	-2,839	-0,691	160	--- FRP ---		6,677	6,677	6,633	10248,927	5006,95	164

		182820	24,132	-2,189	-0,699	160	CR m 966.000		6,247	5,288	6,029	10720,054	5022,431	164
		182823,511	27,643	-2,23	-0,727	160		--OR.Racc.Alt--	6,21	5,215	6,001	10723,563	5022,326	164
		182825	29,132	-2,251	-0,739	160	Svil.m 362.330	T m 24.48	6,196	5,183	5,989	10725,051	5022,277	16
		182830	34,132	-2,339	-0,781	160	Freccia 51.760		6,167	5,095	5,949	10730,048	5022,098	164
		182835	39,132	-2,453	-0,825	160			6,125	4,99	5,908	10735,044	5021,892	164
		182840	44,132	-2,594	-0,872	160			6,1	4,905	5,868	10740,039	5021,661	164
PF49	Punto fisso dispari	182844,239	48,371	-2,733	-0,914	160			6,055	4,813	5,833	10744,272	5021,444	164
		182845	0,761	-2,726	-0,914	160			6,046	4,797	5,827	10745,032	5021,403	164
		182847,994	3,755	-2,707	-0,915	160		--Bs.R m 10000.	6,032	4,75	5,803	10748,022	5021,237	164
		182850	5,761	-2,7	-0,917	160		T m 24.48	6,008	4,713	5,786	10750,024	5021,12	164
		182855	10,761	-2,7	-0,923	160			5,949	4,604	5,746	10755,014	5020,811	164
		182860	15,761	-2,725	-0,932	160			5,927	4,523	5,704	10760,003	5020,477	164
		182865	20,761	-2,777	-0,942	160			5,866	4,416	5,663	10764,99	5020,116	164
		182870	25,761	-2,855	-0,956	160			5,832	4,337	5,622	10769,975	5019,73	16
		182872,475	28,236	-2,903	-0,963	160		-FINE Racc.Alt-	5,806	4,288	5,602	10772,442	5019,529	164
		182875	30,761	-2,958	-0,971	160			5,78	4,232	5,581	10774,958	5019,317	164
		182880	35,761	-3,088	-0,987	160			5,749	4,153	5,539	10779,939	5018,879	164
		182885	40,761	-3,243	-1,003	160			5,697	4,05	5,498	10784,917	5018,416	16
PF51	Punto fisso dispari	182889,71	45,471	-3,414	-1,018	160			5,665	3,975	5,458	10789,605	5017,955	164
		182890	0,29	-3,409	-1,02	160			5,662	3,97	5,456	10789,893	5017,926	164
		182895	5,29	-3,338	-1,049	160			5,604	3,867	5,414	10794,867	5017,411	164
		182900	10,29	-3,292	-1,078	160			5,57	3,792	5,372	10799,837	5016,87	16
		182905	15,29	-3,273	-1,106	160			5,516	3,692	5,33	10804,805	5016,303	164
		182910	20,29	-3,28	-1,135	160			5,476	3,613	5,288	10809,77	5015,711	164

Tab2 - Pentametrazione.

Tutti gli elaborati numerici prevedono la stampa delle intervie rilevate, provvisorie relative alla lavorazione di un binario e definitive di progetto per valutare la congruenza sia delle scelte progettuali che la sequenza di lavorazione.

A cura di:

Giampaolo Boninsegna
Titolare della I.R.T. di Boninsegna G. & C. snc
Roccanova (Verona)
e-mail pjboni@tin.it

Sergio Carazzai
Presidente della Carazzai S.r.l.
Santa Giustina (Belluno)
e-mail info@carazzai.com
web http://www.carazzai.com