

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
INFRASTRUTTURA
TRACCIAMENTO
GENERALE
Relazione tecnica del tracciamento**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Aprile 2021			



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO																		
I	N	1	7	1	0	E	I	2	R	O	I	F	0	0	0	0	0	0	2	C	-	-	-	-	-	-

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	Fiscale	30/03/21	Guilarte	30/03/21	Aiello	30/03/21	
B	REV. PER ISTR. VALIDATORE	Fiscale	20/04/21	Guilarte	20/04/21	Aiello	20/04/21	
C	REV. PER ISTR. IN1710E29ISIF0000002A	Fiscale	9/07/21	Guilarte	9/07/21	Aiello	9/07/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1710E29IF0000002C_01.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento E I2 RO IF 00 0 0 002	Rev. C	Foglio 2 di 11

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	ELABORATI DI TRACCIAMENTO	4
2.1	Applicazione.....	4
2.2	Tipologia e contenuti.....	5
	Il tabulato di tracciamento altimetrico contiene:.....	5
2.3	Utilità e modalità di impiego.....	6
3	GEOMETRIA PLANIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO	7
3.1	Premessa.....	7
3.2	Parametri caratteristici e formule utilizzate per la clotoide	8
3.3	Curva monocentrica.....	9
4	GEOMETRIA ALTIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO	10

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento E I2 RO IF 00 0 0 002	Rev. C	Foglio 3 di 11

1 PREMESSA

Il presente documento si propone di descrivere il contenuto degli elaborati di tracciamento, il loro significato e modo di impiego, nonché gli algoritmi di calcolo da utilizzare per la progettazione definitiva del tracciato piano-altimetrico di tutti gli assi ferroviari presenti nel progetto.

Nello sviluppo del tracciato dei singoli assi di progetto viene ripreso quanto operato nel Progetto Definitivo ed avendo recepito tutte le modifiche derivanti dall'ottemperanza alle istruttorie ITALFERR al Progetto Definitivo.

I riferimenti principali per l'elaborazione dei dati di tracciamento sono le seguenti istruzioni tecniche di RFI:

- RFI TCAR IT AR 01 001 "Norme Tecniche per la progettazione dei tracciati ferroviari"
- RFI TCAR IT AR 01 003 "Progettazione dei nuovi tracciati ferroviari nei posti di servizio. Verifica dei tracciati nei posti di servizio già in esercizio"
- RFI TCAR ST AR 01 003 "Standard dei materiali d'armamento per lavori di rinnovamento e costruzione a nuovo".
- RFI-DCT/A0011/P/2002/319 del 01/10/2002 "Curve contrapposte e sopraelevazioni ridotte in curve strette".
- RFI TCAR IT AR 01 002 rev. A del 25/07/2006 - Norme tecniche per la determinazione delle velocità massime d'orario delle linee esistenti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento E I2 RO IF 00 0 0 002	Rev. C	Foglio 4 di 11

2 ELABORATI DI TRACCIAMENTO

2.1 Applicazione

Per “elaborati di tracciamento” si identificano i seguenti documenti:

- Tabulato di tracciamento planimetrico
- Tabulato di tracciamento altimetrico
- Planimetria di tracciamento
- Profilo longitudinale di tracciamento
- Verifiche cinematiche

Il soggetto fondamentale a cui si riferiscono i dati numerici e grafici degli elaborati guida è l’asse, inteso come entità piano–altimetrica di progetto rappresentata dalla linea ideale di mezzzeria di un binario.

Il Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di più assi, evidenziati nella sottostante tabella, con le relative velocità di tracciato.

Assi di progetto	N° assi	v [km/h]
Linea AC Verona-Vicenza - 1°Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza	2	vedi tabella seguente
Bivio Verona Innesto AV su Linea storica	4	60
Variante linea storica n° 1	2	125
Variante linea storica n° 2	2	140

Linea AC Verona-Vicenza - 1°Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza				
	interbinario [m]	pk inizio [m]	pk fine [m]	v [km/h]
Zona 1	4,00	0,000	562,002	115
		562,002	3445,004	130
		3445,004	3633,364	160
Zona 2	4,00-4,20	3633,364	4586,885	160
Zona 3	4,20	4586,885	7537,278	210
Zona 4	4,2-4.50	7537,278	7764,278	210
Zona 5	4,50	7764,278	32519,569	250
Zona 6	4,5-4,20	32519,569	32729,569	220
Zona 7	4,20	32729,569	39487,657	220
Zona 8	4,20-4,00	39487,657	39859,371	200
Zona 9	4,00	39859,371	41239,338	200
		41239,338	44250,260	150

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento E I2 RO IF 00 0 0 002	Rev. C	Foglio 5 di 11

Si definisce binario pari quello di corretto tracciato diretto da Sud a Nord e da Est a Ovest; pertanto, nel caso della linea A.C. Milano - Verona, esso corrisponde a quello posizionato a Sud.

2.2 Tipologia e contenuti

I tabulati di tracciamento planimetrico e altimetrico forniscono un'implementazione ai dati di tracciato dei vari assi di progetto, in cui i singoli elementi vengono determinati con rigorosi calcoli analitici.

Il tabulato di tracciamento planimetrico contiene:

- numero progressivo dei vertici;
- coordinate dei vertici;
- angoli al vertice ed angoli azimutali;
- lunghezza dei lati e delle tangenti;
- sviluppi dei vari elementi geometrici e coordinate dei loro punti di contatto;
- punti della poligonale con progressiva e coordinate;
- velocità di progetto e valori di sopraelevazione.

Il tabulato di tracciamento altimetrico contiene:

- progressiva del vertice altimetrico, la sua quota di progetto, il valore del raccordo cilindrico;
- valori delle livellette;
- progressive e quote dei punti di tangenza.

La planimetria di tracciamento in scala 1:5000 rappresenta la visualizzazione degli assi geometrici di progetto e contiene:

- vertici della poligonale di tracciamento, numerati progressivamente;
- tangenti primitive;
- curve circolari;
- raccordi di transizione clotoidici;
- indicazioni sui vertici altimetrici e loro posizionamento;
- tabelle delle curve definitive per ogni vertice planimetrico, contenenti i seguenti dati:
 - coordinate del vertice
 - angolo di direzione
 - angolo al centro del raggio primitivo
 - raggio di progetto
 - tangente primitiva
 - sviluppo curva circolare
 - velocità di tracciato
 - sopraelevazione
 - lunghezza del raccordo clotoidico
 - scostamento del raggio della curva primitiva
 - progressive di inizio e di fine dei raccordi clotoidici.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento E I2 RO IF 00 0 0 002	Rev. C	Foglio 6 di 11

Il profilo di tracciamento in scala 1:5000/500 rappresenta l'implementazione e la visualizzazione dei dati altimetrici degli assi di progetto e contiene:

- posizione e dati geometrici dei vertici altimetrici;
- valore delle pendenze della livelletta;
- quote del piano del ferro;
- distanze parziali, progressive e chilometriche;

rappresentazione in apposita fincatura dell'andamento planimetrico con evidenziato il raggio, lo sviluppo e la sopraelevazione delle curve, nonché la lunghezza dei raccordi clotoidici.

2.3 Utilità e modalità di impiego

Gli elaborati di tracciamento così definiti sono prioritari rispetto a qualsivoglia elaborato di progetto esecutivo. Definiscono univocamente l'andamento plano-altimetrico del tracciato di tutti gli assi di progetto e rappresentano la base su cui verrà sviluppata tutta l'ingegneria della linea e delle opere.

La loro utilità è, pertanto, quella di poter definire il tracciamento plano – altimetrico di tutte le opere civili, idrauliche, stradali e tecnologiche associate ai vari assi di progetto, il che significa fissare i dati fondamentali per il loro dimensionamento

Ciò riveste un'importanza estrema, in quanto dai dati espressi negli elaborati di tracciamento della linea si possono ricavare tutte le coordinate e le quote altimetriche delle opere da realizzare associate agli assi.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento E I2 RO IF 00 0 0 002	Rev. C	Foglio 7 di 11

3 GEOMETRIA PLANIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO

3.1 Premessa

Pur ribadendo concetti e formule note, si ritiene utile raccoglierle al fine di disporre di un documento di riferimento univoco che descriva i criteri di posizionamento degli elementi e le formule di calcolo utilizzate.

Considerando che la progettazione, il tracciamento e la realizzazione prevedono un ampio utilizzo di strumenti informatici dedicati è necessario che la descrizione numerica del tracciato sia realizzata in modo tale da garantire non solo la conoscenza analitica al continuo degli elementi presi singolarmente ma anche dell'intero asse nel suo complesso.

Gli elementi geometrici che costituiscono l'asse devono essere descrivibili e descritti in forma analitica tale da poter determinare per qualunque punto coordinate, direzione della tangente in quel punto, raggio di curvatura e progressiva.

Va sottolineata inoltre, l'importanza del rispetto della congruenza analitica della progressiva di un punto calcolata come sviluppo degli elementi e delle parti di essa interessate.

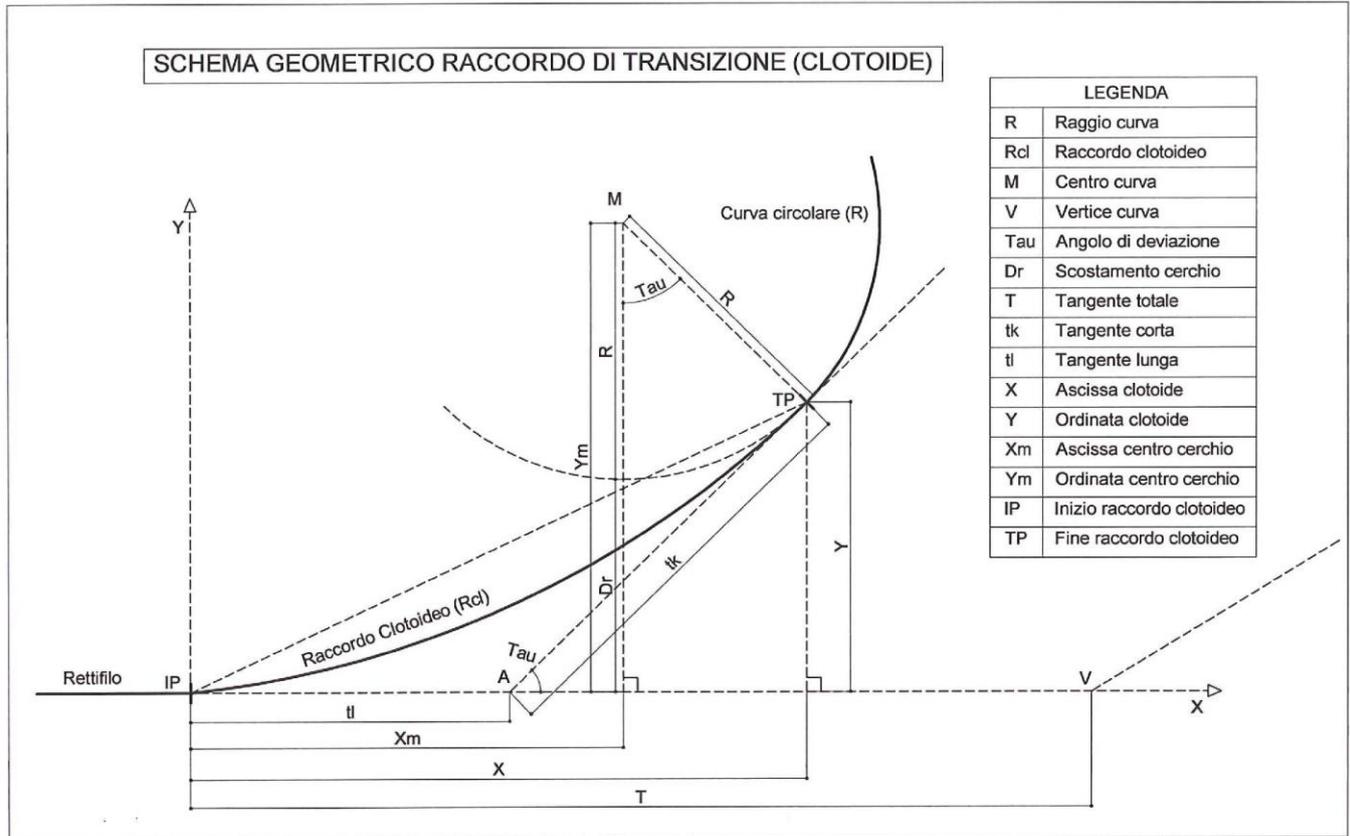
Il tracciamento e gli standard di linea devono rispettare le seguenti normative RFI:

- RFI TCAR IT AR 01 001 A Norme tecniche per la progettazione dei tracciati ferroviari
- RFI TCAR ST AR 01 003 A Standard dei materiali d'armamento per lavori di rinnovamento e costruzione a nuovo.
- RFI TCAR IT AR 01 003 A Progettazione dei nuovi tracciati ferroviari nei posti di servizio. Verifica dei tracciati nei posti di servizio già in esercizio.
- RFI-DCT/A0011/P/2002/319 del 01/10/2002 "Curve contrapposte e sopraelevazioni ridotte in curve strette".
- RFI TCAR IT AR 01 002 rev. A del 25/07/2006 - Norme tecniche per la determinazione delle velocità massime d'orario delle linee esistenti.

Gli argomenti verranno trattati nel seguente ordine:

- PARAMETRI CARATTERISTICI E DELLE FORMULE UTILIZZATE PER LA CLOTOIDE
- CURVA MONOCENTRICA
 - elementi geometrici utilizzati
 - criterio di posizionamento
 - schema operativo di calcolo

3.2 Parametri caratteristici e formule utilizzate per la clotoide



EQUAZIONE DELLA CLOTOIDE UTILIZZATA

$$A^2 = R \times L$$

CLOTOIDE CON RAGGIO CONSERVATO

Lo sviluppo della curva L (Rcl) si ricava dalla:

$$L = \frac{A^2}{R}$$

Il valore dell'angolo γ (Tau) nel punto di passaggio tra raccordo e curva circolare è dato da:

$$\gamma = \frac{A^2}{2 \cdot R^2} = \frac{L}{2 \cdot R}$$

Le coordinate dei punti costituenti il raccordo si ricavano con le seguenti relazioni:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento E I2 RO IF 00 0 0 002	Rev. C	Foglio 9 di 11

$$x = A \cdot \sqrt{2\gamma} \cdot \sum_1^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-2}}{(4i-3) \cdot (2i-2)!}$$

$$y = A \cdot \sqrt{2\gamma} \cdot \sum_1^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-1}}{(4i-1) \cdot (2i-1)!}$$

Le coordinate del centro della curva sono date da:

$$X_m = x - R \cdot \text{sen} \gamma = A \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2}} \cdot \sum_1^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-2}}{(4i-3) \cdot (2i-1)!}$$

$$Y_m = y + R \cdot \text{cos} \gamma = A \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2}} \cdot \sum_0^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-1}}{(4i-1) \cdot 2i!}$$

Il valore di ΔR (D_r) è dato da:

$$\Delta R = y - R \cdot (1 - \text{cos} \gamma) = A \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2}} \cdot \sum_1^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-1}}{(4i-1) \cdot 2i!}$$

Le lunghezze T_l e T_k sono date da:

$$T_l = x - \frac{y}{\text{tg} \gamma}$$

$$T_k = \frac{y}{\text{sen} \gamma}$$

3.3 Curva monocentrica

Gli elementi geometrici utilizzati sono:

- la clotoide ($R \times L = A^2$), descritta precedentemente, che ha la particolarità di consentire la variazione continua del raggio da un valore infinitamente grande fino al valore del raggio, di lunghezza fissata dalla sopraelevazione e dalla pendenza della rampa di raccordo;
- l'arco di circonferenza.

Il posizionamento di tale curva di transizione sarà tale per cui i suoi punti estremi, calcolati analiticamente, garantiscano la continuità geometrica degli elementi.

Le tabelle riportate nel tabulato e nelle planimetrie di tracciamento riportano tutti i parametri geometrici e di posizionamento delle curve.

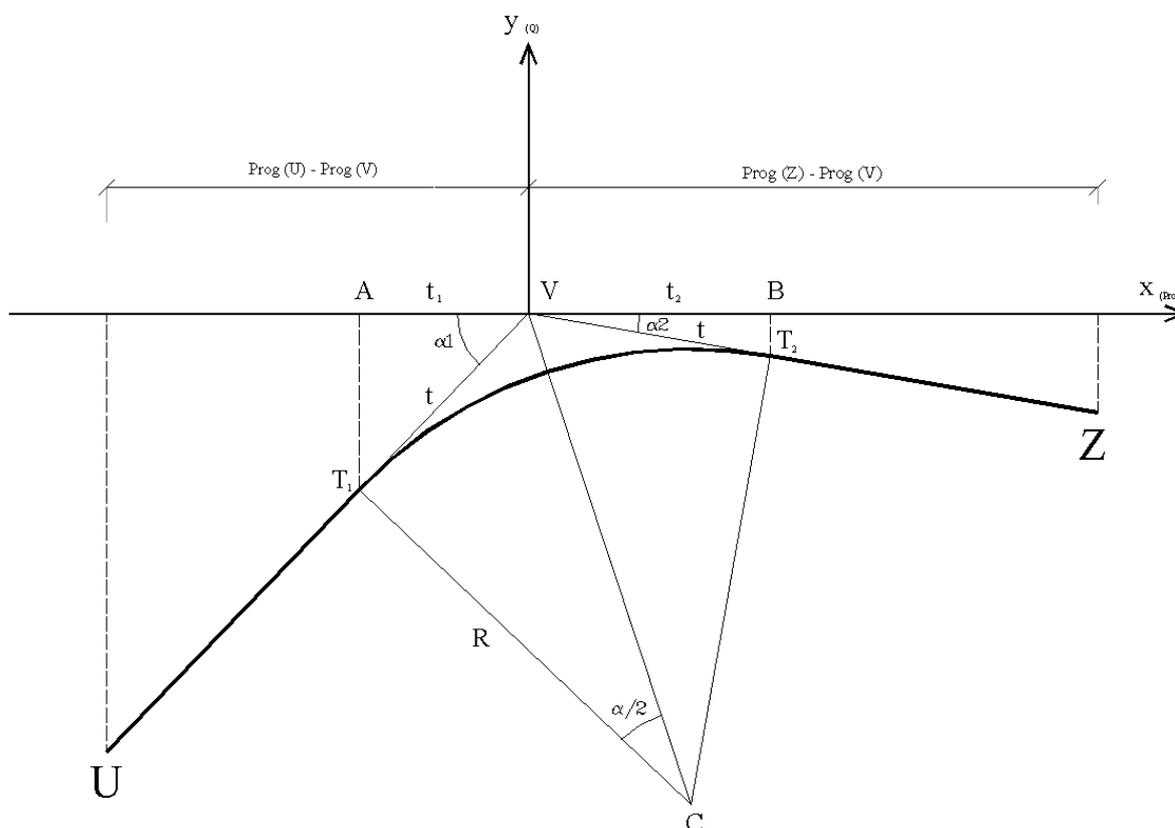
GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento E I2 RO IF 00 0 0 002	Rev. C	Foglio 10 di 11

4 GEOMETRIA ALTIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO

Il raccordo altimetrico fra due livellette è rappresentato da una curva circolare di raggio R.

La differenza fra le progressive di due vertici altimetrici consecutivi è calcolata sul piano orizzontale, come proiezione della livelletta stessa; allo stesso modo si calcola la differenza fra la progressiva di un vertice e quella dei due punti di tangenza relativi al raccordo altimetrico.

Riferendosi alla sottostante figura, si considerano i seguenti algoritmi di calcolo per la progettazione dell'asse altimetrico della linea A.C.



Dati 3 vertici altimetrici consecutivi U, V, Z, si definisce:

Q_U, Q_V, Q_Z Quote altimetriche dei vertici

T_1, T_2 Punti di tangenza del raccordo altimetrico relativo al vertice V

$T_1V = T_2V = t = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ Sviluppo reale delle tangenti

$AV = t_1 \quad VB = t_2$ Sviluppo in proiezione orizzontale delle tangenti

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento E I2 RO IF 00 0 0 002</p>	<p>Rev. C</p>	<p>Foglio 11 di 11</p>

$$\alpha_1 = \arctg \frac{Q_v - Q_U}{\text{Prog}(V) - \text{Prog}(U)}$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{Q_v - Q_Z}{\text{Prog}(Z) - \text{Prog}(V)}$$

$$t_1 = t \cdot \cos \alpha_1$$

$$t_2 = t \cdot \cos \alpha_2$$

Pertanto le progressive dei punti di tangenza del raccordo altimetrico relative al vertice V sono calcolate nel modo seguente:

$$\text{Prog}(T_1) = \text{Prog}(V) - t_1$$

$$\text{Prog}(T_2) = \text{Prog}(V) + t_2$$