

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  
ARMAMENTO  
Documenti generali di progetto LC2  
GENERALE  
Relazione Tecnica di tracciamento**

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

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

Consorzio IricAV Due	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Ottobre 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	FISCALE	31/03/21	GUILARTE	31/03/21	AIELLO	31/03/21	
B	REV. PER ISTR. ITF IN1712E13ISSF0000001B		10/2021	GUILARTE	10/2021	AIELLO	10/2021	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12ROSF0000002B 01 DOCX
		Cod. origine:



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 2 di 14

## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	Documenti di riferimento.....	3
3	ELABORATI DI TRACCIAMENTO .....	4
3.1	Applicazione.....	4
3.2	Tipologia e contenuti.....	5
3.2.1	Tabulati di tracciamento.....	6
3.2.2	Planimetrie di tracciamento .....	6
3.2.3	Profili di tracciamento.....	7
4	GEOMETRIA PLANIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO .....	8
4.1	Premessa.....	8
4.2	Relazioni cinematiche del tracciato .....	9
4.3	Parametri caratteristici e formule utilizzate per la clotoide .....	10
4.4	Curva monocentrica.....	12
5	GEOMETRIA ALTIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO .....	13

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 3 di 14

## 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 esecutiva del tracciato plano-altimetrico di tutti gli assi ferroviari presenti nel progetto.

## 2 Documenti di riferimento

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

- Rif. [1] RFI TCAR IT AR 01 001 "Norme Tecniche per la progettazione dei tracciati ferroviari"
- Rif. [2] 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"
- Rif. [3] RFI TCAR ST AR 01 003 "Standard dei materiali d'armamento per lavori di rinnovamento e costruzione a nuovo".
- Rif. [4] RFI-DCT/A0011/P/2002/319 del 01/10/2002 con oggetto "Curve contrapposte e sopraelevazioni ridotte in curve strette"
- Rif. [5] 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. Pag. 9/15 Aggiornare la specifica RFI DTC SI GE SP IFS 002 A con RFI DTC SI GE SP IFS 002 D

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 4 di 14

### 3 ELABORATI DI TRACCIAMENTO

#### 3.1 Applicazione

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

Il Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di più assi, evidenziati nella sottostante tabella, che vengono tutti tracciati negli elaborati in esame.

<b>SF01</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 0+909,95 a pk 4+941,16	LC2
<b>SF02</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 4+941,16 a pk 6+841,16	LC2
<b>SF03</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 6+841,16 a pk 7+660,94	LC2
<b>SF04</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 7+660,94 a pk 10+020,97	LC2
<b>SF05</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 10+020,97 a pk 19+900,00	LC2
<b>SF06</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 19+900,00 a pk 25+500,00	LC2
<b>SF07</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 25+500,00 a pk 31+806,37	LC2
<b>SF08</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 31+806,37 a pk 32+525,00	LC2
<b>SF09</b>	Lavori di Armamento 1 <sup>a</sup> Variante LS da Km 1+873,81 a Km 3+451,77	LC2
<b>SF10</b>	Lavori di Armamento Deviate Provvisorie LS per realizzazione 1 <sup>a</sup> Variante LS	LC2
<b>SF11</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 32+525 a pk 36+550	LC2
<b>SF12</b>	Lavori di Armamento Linea AC - Da pk 36+550 a pk 43+834	LC2
<b>SF13</b>	Lavori di Armamento LS e VA Bivio Vicenza	LC2
<b>SF16</b>	Lavori di Armamento 2 <sup>a</sup> Variante LS da pk 32+689 a 39+081	LC2
<b>SF17</b>	Lavori di Armamento Demolizione stazione di Altavilla da pk 40+287 a pk 42+071	LC2
<b>SF18</b>	Lavori di Armamento LS e AV Bivio Verona - Pk 0+125,00 a 0+909,95	LC1

I tracciamenti di progetto dei vari assi sono congruenti con quanto previsto dagli elaborati di tracciamento IF00 del presente Progetto Esecutivo.

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. Verona-Vicenza, esso corrisponde a quello posizionato a Sud.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
<b>RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO</b>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 5 di 14

La tabella sottostante indica le velocità di tracciato sui tronchi dei vari assi di progetto.

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

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

La progressivazione di entrambi i binari per le due tratte di Linea AC e varianti della linea storica sono crescenti nel verso di percorrenza Ovest-Est.

### 3.2 Tipologia e contenuti

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

Si riportano di seguito i contenuti riportati nelle diverse tipologie di elaborato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 6 di 14

### 3.2.1 Tabulati di tracciamento

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 della curva;
- 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.

### 3.2.2 Planimetrie di tracciamento

La planimetria di tracciamento in scala 1:5000 o 1:2000 rappresenta la visualizzazione degli assi geometrici di progetto e contiene:

- vertici della poligonale di tracciamento, numerati progressivamente;
- tangenti primitive;
- curve circolari;
- raccordi di transizione clotoideici;
- indicazioni sui vertici altimetrici e loro posizionamento;
- tabelle delle curve definitive per ogni vertice planimetrico, contenenti i seguenti dati:
  - coordinate del vertice (E e N)
  - raggio di progetto (R)
  - sviluppo curva circolare (Sv)
  - angolo della curva (Ac)
  - tangente primitiva (Tan)
  - velocità di tracciato (V)
  - sopraelevazione (H)
- Tabelle dei raccordi clotoidei, contenenti i seguenti dati:

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
<b>RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO</b>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 7 di 14	

- parametro A della clotoide (A)
- lunghezza del raccordo clotoideo (Rcl)
- angolo di deviazione del raccordo clotoideo (AngF)
- scostamento del raggio della curva primitiva (m)
- Tangente lunga (Tl)
- Tangente corta (Tc)
- Ascissa e ordinata dei raccordi clotoidici ( $X_f$  e  $Y_f$ )
- Raggio della curva in ingresso clotoide ( $R_i$ )
- Raggio della curva in uscita clotoide ( $R_f$ )

### 3.2.3 Profili di tracciamento

Il profilo di tracciamento in scala 1:5000/500 o 1:2000/200 rappresenta l'implementazione e la visualizzazione dei dati altimetrici degli assi di progetto e contiene:

- posizione e dati geometrici dei vertici altimetrici:
  - progressiva
  - quota altimetrica di progetto
  - Differenza di pendenza
  - Raggio verticale del raccordo altimetrico
  - Tangente
  - Freccia
  - Sviluppo del raccordo
- Rappresentazione in apposita fincatura posta in alto di:
  - valore delle pendenze della livelletta di progetto
  - differenza di quota tra vertici altimetrici
  - distanza tra i vertici altimetrici
- Rappresentazione in apposite fincature poste in basso di:
  - distanze parziali
  - progressive e chilometriche
  - quote del piano del ferro di progetto
  - quote della piattaforma ferroviaria, misurate in asse al binario tracciato
  - differenza tra le quote del piano ferro e le quote della piattaforma ferroviaria, misurata in asse al binario tracciato
  - rappresentazione in apposita fincatura dell'andamento planimetrico con evidenziato il raggio, lo sviluppo e la sopraelevazione delle curve, nonché la lunghezza dei raccordi clotoidici.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 8 di 14

## 4 GEOMETRIA PLANIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO

### 4.1 Premessa

Pur ribadendo concetti e formule note, si ritiene utile raccogliere 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 normative RFI Rif. [1], Rif. [2] e Rif. [3].

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



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 9 di 14	

## 4.2 Relazioni cinematiche del tracciato

La determinazione degli assi di progetto, raggio minimo, raccordo di transizione e sopraelevazione, sono determinati da i seguenti parametri:

- Le velocità di esercizio massime e minime (treni passeggeri e merci)
  - Linea A.C.  $V_{max} = 250 \text{ Km/h}$  (115 Km/h)  $V_{min} = 80 \text{ Km/h}$
  - Varianti liea storica Linea (in base alle pk indicate nel fascicolo di linea)  $V_{max} = 125\text{-}140 \text{ Km/h}$   $V_{min} = 80 \text{ Km/h}$
- La sopraelevazione
- I valori limite per l'eccesso e l'insufficienza di sopraelevazione

Determinazione del Raggio minimo e sopraelevazione massima:

$$R \geq \frac{11,8}{D+I} V_{max}^2 \quad R \leq \frac{11,8}{D-E} V_{min}^2$$

$$\frac{11,8 \cdot V_{min}^2}{D-E} \geq R \geq \frac{11,8 \cdot V_{max}^2}{D+I}$$

$$D_{max} = \frac{(I \cdot V_{min}^2 + E \cdot V_{max}^2)}{V_{max}^2 - V_{min}^2} \quad R_{min} = \frac{11,8 \cdot (V_{max}^2 - V_{min}^2)}{(E + I)}$$

Determinazione dei raccordi di transizione:

La lunghezza dei raccordi di transizione è determinata dai valori limite:

$$L \geq \frac{V_{max} \cdot \Delta D}{3,6} \cdot \left( \frac{dD}{dt} \right)_{lim}^{-1} \quad L \geq \Delta D \cdot \left( \frac{dD}{dl} \right)_{lim}^{-1} \quad L \geq \frac{V_{max} \cdot \Delta I}{3,6} \cdot \left( \frac{dI}{dt} \right)_{lim}^{-1}$$

dove:

$V_{max}$  è la velocità massima dei treni (treni passeggeri)

$V_{min}$  è la velocità minima dei treni (treni merci)

$R$  è il raggio della curva

$L$  è la lunghezza del raccordo di transizione

$D$  è la sopraelevazione in curva

$I$  e  $E$  sono l'insufficienza e l'eccesso di sopraelevazione (in cm)

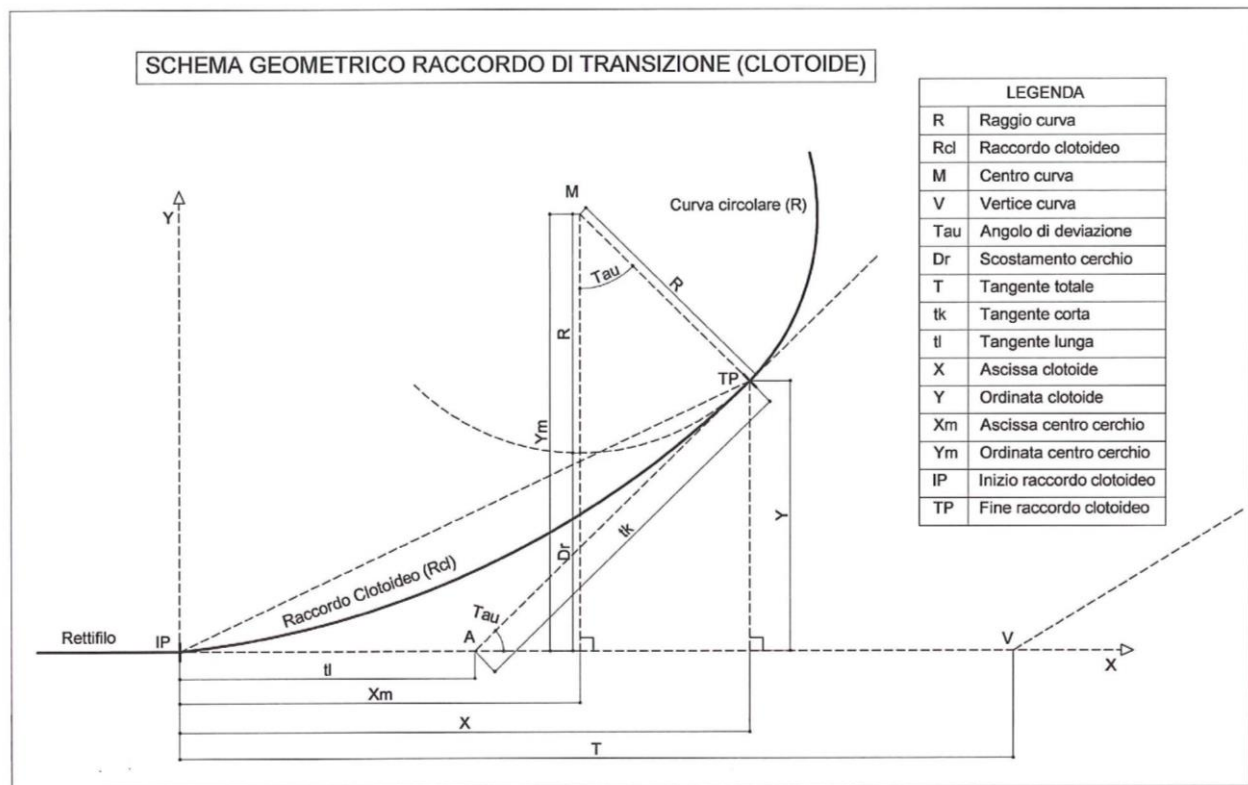
$dD/dt$  è il rapporto di variazione della sopraelevazione

$dD/dl$  è la pendenza del raccordo

$dI/dt$  è il rapporto di variazione dell'insufficienza della sopraelevazione

### 4.3 Parametri caratteristici e formule utilizzate per la clotoide

R	<b>R</b>	Raggio Curva
Rcl	<b>Rcl</b>	Raccordo Clotoideo
M	--	Centro Curva
V	<b>V</b>	Vertice curva
Tau	<b>AngF</b>	Angolo di deviazione
Dr	<b>m</b>	Scostamento cerchio
T	<b>T</b>	Tangente totale
tk	<b>Tc</b>	Tangente corta
tl	<b>TI</b>	Tangente lunga
X	<b>xf</b>	Ascissa clotoide
Y	<b>yf</b>	Ordinata clotoide
Xm	-	Ascissa centro cerchio
Ym	-	Ordinata centro cerchio
IP	-	Inizio raccordo clotoideo
TP	-	Fine raccordo clotoideo



N.B. Si riporta la corrispondenza tra la simbologia di legenda riportata in figura e quella richiamata negli elaborati planimetrici di tracciamento:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 11 di 14	

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  $\gamma$  (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:

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

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

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  $\Delta R$  (Dr) 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  $T_i$  e  $T_k$  sono date da:

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 12 di 14

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

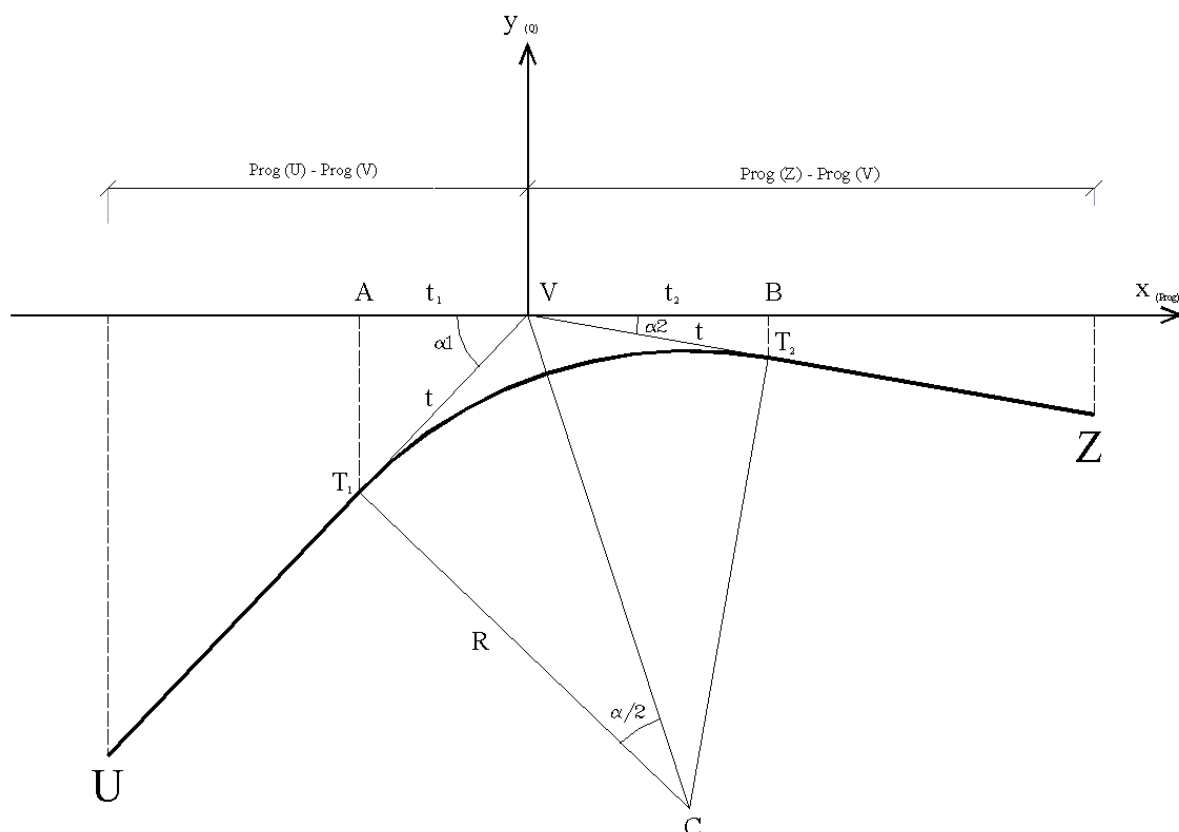
Le tabelle riportate nel tabulato e nelle planimetrie di tracciamento riportano tutti i parametri geometrici e di posizionamento delle curve.

## 5 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 almetrici 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 almetrico.

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



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

$Q_U, Q_V, Q_Z$  Quote almetriche dei vertici

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE TECNICA DI TRACCIAMENTO	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO SF 00 0 0 002	Rev. B	Foglio 14 di 14

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

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

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

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

Pertanto le progressive dei punti di tangenza del raccordo almetrico relative al vertice V sono calcolate come somma e differenza della progressiva del vertice almetrico con la lunghezza della tangente della transizione circolare, ossia:

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

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