

## ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:  
SS. 318 DI “VALFABBRICA”. TRATTO PIANELLO – VALFABBRICA  
SS. 76 “VAL D’ESINO”. TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO  
“PEDEMONTANA DELLE MARCHE”, TRATTO FABRIANO – MUCCIA – SFERCIA

### PROGETTO ESECUTIVO

<p><b>CONTRAENTE GENERALE:</b></p> 	<p><i>Il responsabile del Contraente Generale:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Federico Montanari</p>	<p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Salvatore Lieto</p>
--	---	--

**PROGETTAZIONE:** Associazione Temporanea di Imprese

*Mandataria:*

			
--	--	---	--

<p><b>RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'ATI</b></p> <p>Ing. Antonio Grimaldi</p> <p><b>GEOLOGO</b> Dott. Geol. Fabrizio Pontoni</p> <p><b>COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b> Ing. Michele Curiale</p>			
---	---	--	---

<p><b>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p>Ing. Giulio Petrizzelli</p>		
---	--	--

<p><b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</p> <p><b>PLANIMETRIE DI PROGETTO</b></p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica sul progetto stradale - Asse principale</p>	<p><b>SCALA:</b></p> <p style="text-align: center;">-</p> <p><b>DATA:</b></p> <p style="text-align: center;">Maggio 2017</p>
---	--

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
Codice Elaborato:	L 0 7 0 3	2 1 2	E	0 6	C S 0 0 0 0	R E L	0 1	D

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
B	Novembre 2016	Emissione a seguito osservazioni ANAS	PROGIN	R. Velotta	L. Infante	A. Grimaldi
C	Febbraio 2017	Aggiornamento per congruenza generale	PROGIN	R. Velotta	L. Infante	A. Grimaldi
D	Maggio 2017	Revisione a seguito osservazioni RINA	PROGIN	R. Velotta	L. Infante	A. Grimaldi

## I N D I C E

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICO-FUNZIONALE .....	4
2.2 DISPOSITIVI DI RITENUTA.....	4
2.3 SEGNALETICA STRADALE.....	5
<b>3. INQUADRAMENTO FUNZIONALE E SEZIONE TRASVERSALE .....</b>	<b>6</b>
<b>4. CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI.....</b>	<b>7</b>
4.1 ANDAMENTO PLANIMETRICO .....	7
4.1.1 Rettifici.....	9
4.1.2 Curve circolari .....	9
4.1.3 Clotoidi.....	13
4.2 ANDAMENTO ALTIMETRICO.....	17
4.2.1 Livellette.....	18
4.2.2 Raccordi parabolici.....	18
4.3 DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ .....	22
4.4 DISTANZE DI VISUALE LIBERA .....	23
4.5 PIAZZOLE DI SOSTA .....	27
<b>5. VERIFICA DI CONFORMITA' ALLE PRESCRIZIONI DEL D.M. 05/11/2001 .....</b>	<b>29</b>
5.1 VERIFICA ANDAMENTO PLANIMETRICO .....	29
5.2 VERIFICA ANDAMENTO ALTIMETRICO .....	35
5.3 VERIFICA DIAGRAMMA DI VELOCITA' .....	43
5.4 VERIFICA DISTANZE DI VISUALE LIBERA.....	43
<b>6. SOVRASTRUTTURA STRADALE.....</b>	<b>45</b>
6.1 VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA.....	47
6.1.1 Metodo di calcolo .....	47
6.1.2 Calcolo del traffico in assi standard equivalenti .....	49
6.1.3 Verifica .....	52
<b>7. DISPOSITIVI DI RITENUTA .....</b>	<b>55</b>
7.1 PRESCRIZIONI NORMATIVE .....	55
7.2 DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI TRAFFICO E DELLE CLASSI MINIME DELLE BARRIERE DA IMPIEGARE.....	57
7.3 BARRIERE LONGITUDINALI.....	57
7.3.1 Tipologia e classe delle barriere previste in progetto.....	57
7.3.2 Sviluppo delle barriere di sicurezza .....	59
7.4 ELEMENTI DI PROTEZIONE COMPLEMENTARE E PROTEZIONE PUNTI SINGOLARI.....	61
7.4.1 Attenuatori d'urto .....	61
7.4.2 Transizioni .....	61
7.4.3 Terminali .....	62
7.4.4 Protezione punti singolari .....	64
<b>8. SEGNALETICA .....</b>	<b>66</b>

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 3 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione sono riportate le caratteristiche tecniche del progetto stradale dell'asse principale relativo al Progetto Esecutivo del *secondo stralcio funzionale* "Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord" della "Pedemontana delle Marche".

L'asse stradale si sviluppa, da Nord verso Sud, attraverso un tracciato di lunghezza pari a 8,4 km, collegandosi a progr. 0+000 (immediatamente a valle dello svincolo di Matelica Nord-Zona industriale) allo stralcio funzionale precedente ("primo stralcio funzionale") ed a progr. 8+400 (in corrispondenza dello svincolo di Castelraimondo nord) allo stralcio funzionale successivo ("terzo stralcio funzionale").

L'infrastruttura stradale è inquadrata funzionalmente come Strada Extraurbana Secondaria (Cat. C) di cui al D.M. 05/11/2001, cui è associato l'intervallo di velocità di progetto 60 ÷ 100 km/h.

Per la sezione trasversale è stata adottata una configurazione corrispondente alla sezione C1 del D.M. 05/11/2001, con piattaforma pavimentata di larghezza pari a 10,50 m costituita da 2 corsie (1 per senso di marcia) da 3,75 m e banchine in sinistra e destra da 1,50 m.

La geometrizzazione dell'andamento plano-altimetrico della linea d'asse è stata condotta attraverso parametri geometrici conformi alle prescrizioni contenute nel D.M. 05/11/2001. L'andamento planimetrico, costituito da una successione di rettifili, curve e clotoidi, prevede 8 curve circolari con raggio compreso tra 875 m e 1800 m. L'andamento altimetrico ha previsto livellette con pendenza massima pari a 7% e con raccordi parabolici concavi e convessi di raggio minimo rispettivamente pari a 1100 m e 7400 m.

Nel seguito, dopo aver riportato le normative di riferimento impiegate per la progettazione (Cap. 2), è riportato l'inquadramento funzionale e le caratteristiche della sezione trasversale utilizzata (Cap. 3). Successivamente sono riportati i criteri e le caratteristiche progettuali impiegate per la definizione dell'andamento plano-altimetrico (Cap. 4) e la verifica di conformità alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001 (Cap. 5).

Sono riportati, inoltre, le caratteristiche ed il dimensionamento della sovrastruttura stradale (Cap. 6) e dei dispositivi di ritenuta (Cap. 7) e le caratteristiche segnaletica stradale (Cap. 8).

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 4 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	-----------------------

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

### 2.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICO-FUNZIONALE

Per la definizione geometrico-funzionale dell'infrastruttura in progetto sono state utilizzate le seguenti normative di riferimento:

- D. L.vo 30/04/1992 n. 285: “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada”;
- D.M. 05/11/2001: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 22/04/2004: “Modifica del decreto 5 novembre 2001, n.6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»”;
- D.M. 19/04/2006: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”.

### 2.2 DISPOSITIVI DI RITENUTA

Il progetto delle barriere di sicurezza e degli altri dispositivi di ritenuta è stato sviluppato prendendo a riferimento le seguenti normative:

- D.M. 18.02.1992 n. 223 – Recante le Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale;
- D.M. 3.06.1998 Recante le Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale (con esclusione delle istruzioni tecniche sostituite dalle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 n. 2367);
- D.M. 21.06.2004 n. 2367 Recante le Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- D.M. 28.06.2011: Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale;
- EN 1317-1: 1998 Road restraint systems - Part 1: Terminology and general criteria for test methods [pubblicata in Italia come UNI EN 1317-1:2000]
- EN 1317-2:1998 Road restraint systems - Part 2: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers + EN 1317-2/A1:2006 [pubblicata in Italia come UNI EN 1317-2:2007]
- EN 1317-3:2000 Road restraint systems - Part 3: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for crash cushions [pubblicata in Italia come UNI EN 1317-3:2002];
- ENV 1317-4:2001 Road restraint systems - Part 4: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for terminals and transitions of safety barriers [pubblicata in Italia come UNI ENV 1317-4:2003];
- EN 1317-5:2007 Road restraint systems - Part 5: Product requirements and evaluation of conformity for vehicle restraint systems [pubblicata in Italia come UNI EN 1317-5:2007] + EN 1317-5/A1:2008;
- EN 12767:2007 Passive safety of support structures for road equipment - Requirements, classification and test methods [pubblicata in Italia come UNI EN 12767:2008]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 5 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

- D.M. 5.11.2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade e s.m.i. (cogente per le strade nuove e di riferimento per l’adeguamento delle strade esistenti);
- D.M. 19.4.2006 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali (cogente per le intersezioni nuove e di riferimento per l’adeguamento delle intersezioni esistenti).

Sono state applicate, inoltre, le indicazioni contenute nelle seguenti circolari, manuali e specifiche di progettazione, per quanto attinente ai dispositivi di ritenuta:

- Circolare 25.08.2004 n. 3065 - Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali (per quanto ancora applicabile);
- Circolare 15.11.2007 n. 104862 - Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004 (per quanto ancora applicabile);
- Circolare 21.7.2010 n. 62032 - Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- Circolare 05.10.2010 n. 0080173 - Omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali. Aggiornamento norme comunitarie UNI EN 1317, parti 1, 2 e 3 in ambito nazionale.

## 2.3 SEGNALETICA STRADALE

Il progetto della segnaletica è stato sviluppato tenendo conto delle seguenti normative:

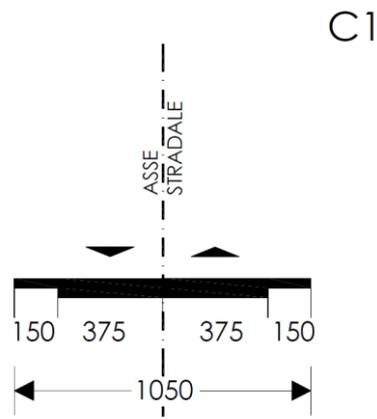
- D. L.vo 30/04/1992 n. 285: “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada”;
- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000 (Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l’installazione e la manutenzione).

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 6 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

### 3. INQUADRAMENTO FUNZIONALE E SEZIONE TRASVERSALE

L'infrastruttura stradale è inquadrata funzionalmente come Strada Extraurbana Secondaria (Categoria C) secondo le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" di cui al D.M. 05/11/2001.

Per quanto riguarda le caratteristiche funzionali, è stata adottata una sezione trasversale stradale con soluzione base a 2 corsie di marcia corrispondente alla sezione C1 del D.M. 05/11/2001, con ciascuna corsia pari a 3,75 m e banchine laterali pari a 1,50 m, per una larghezza complessiva della piattaforma stradale pari a 10,50 m, come illustrato nella figura seguente.



## 4. CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI

La geometrizzazione dell'infrastruttura stradale è avvenuta definendo un asse di tracciamento, a cui sono state riferite le caratteristiche geometriche plano-altimetriche, collocato in corrispondenza dell'asse della carreggiata. Tale asse costituisce il riferimento per le quote di progetto e per la rotazione della carreggiata stradale.

La successione degli elementi del tracciato, definita in congruenza con l'andamento plano-altimetrico degli stralci funzionali adiacenti, è stata impostata sulla base delle prescrizioni contenute nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" di cui al D.M. 05/11/2000. In particolare, i parametri degli elementi plano-altimetrici sono stati dimensionati secondo la massima velocità dell'elemento desunta dal diagramma di velocità.

Nel seguito si riportano le caratteristiche degli elementi geometrici ed i criteri progettuali seguiti, conformi alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001 valide per le strade di Categoria C, per la definizione geometrica degli elementi costituenti l'andamento planimetrico (rettifili, curve circolari, clotoidi) e l'andamento altimetrico (livellette e raccordi verticali parabolici) dell'asse stradale e per la definizione del diagramma delle velocità e delle distanze di visuale libera.

### 4.1 ANDAMENTO PLANIMETRICO

L'andamento planimetrico del "secondo stralcio funzionale", oggetto del presente progetto e compreso tra progr. 0,00 e progr. 8420,00, è stata definito in congruenza con gli elementi geometrici degli stralci funzionali adiacenti.

Le caratteristiche degli elementi geometrici costituenti l'andamento planimetrico sono riportate nella tabella seguente.

#### Asse principale Elementi planimetrici

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	R [m]	A [m]	Note
1	1	Rettifilo	-439,11	-73,65	365,46	∞	-	"primo stralcio funzionale"
2	1	Clotoide	-73,65	0,00	73,65	variabile	500,00	
			<b>0,00</b>	153,62	153,62			
3	1	Curva	0,00	788,45	788,45	1100,00	-	"secondo stralcio funzionale" (da progr. 0,00 a progr. 8420,00)
4	2	Clotoide	788,45	972,46	184,01	variabile	449,90	
5	2	Rettifilo	972,46	972,50	0,04	∞	-	
6	3	Clotoide	972,50	1172,50	200	variabile	600,00	
7	2	Curva	1172,50	1676,73	504,23	1800,00	-	
8	4	Clotoide	1676,73	1876,73	200	variabile	600,00	
9	3	Rettifilo	1876,73	3296,59	1419,86	∞	-	
10	5	Clotoide	3296,59	3582,30	285,71	variabile	500,00	
11	3	Curva	3582,30	4382,07	799,77	875,00	-	
12	6	Clotoide	4382,07	4667,78	285,71	variabile	500,00	
13	4	Rettifilo	4667,78	4835,98	168,2	∞	-	
14	7	Clotoide	4835,98	4947,54	111,56	variabile	334,00	
15	4	Curva	4947,54	5334,82	387,28	1000,00	-	
16	8	Clotoide	5334,82	5446,37	111,55	variabile	334,00	

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 8 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

**Asse principale**  
**Elementi planimetrici**

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	R [m]	A [m]	Note
17	5	Rettifilo	5446,37	5446,82	0,45	∞	-	
18	9	Clotoide	5446,82	5623,71	176,89	variabile	399,00	
19	5	Curva	5623,71	6459,55	835,84	900,00	-	
20	10	Clotoide	6459,55	6636,44	176,89	variabile	399,00	
21	6	Rettifilo	6636,44	6640,95	4,51	∞	-	
22	11	Clotoide	6640,95	6774,28	133,33	variabile	400,00	
23	6	Curva	6774,28	6902,25	127,97	1200,00	-	
24	12	Clotoide	6902,25	7035,58	133,33	variabile	400,00	
25	7	Rettifilo	7035,58	7259,38	223,8	∞	-	
26	13	Clotoide	7259,38	7417,16	157,78	variabile	470,00	
27	7	Curva	7417,16	7581,55	164,39	1400,00	-	
28	14	Clotoide	7581,55	7739,33	157,78	variabile	470,00	
29	8	Rettifilo	7739,33	8111,10	371,77	∞	-	
30	15	Clotoide	8111,10	8223,32	112,22	variabile	335,00	
31	8	Curva	8223,32	<b>8420,00</b>	196,68	1000,00	-	"terzo stralcio funzionale"
			8420,00	8778,74	358,74			
32	16	Clotoide	8778,74	8890,96	112,22	variabile	335,00	
33	9	Rettifilo	8890,96	9363,74	472,78	∞	-	

Con riferimento a ciascun elemento geometrico planimetrico, la notazione utilizzata nella tabella è la seguente:

- N = numero d'ordine progressivo;
- Elemento = tipo di elemento geometrico planimetrico (rettifilo/clotoide/curva);
- n = numero d'ordine progressivo per elemento geometrico omogeneo;
- Progr. in. = progressiva iniziale;
- Progr. fin. = progressiva finale;
- L = sviluppo;
- R = raggio di curvatura;
- A = parametro di scala delle clotoidi.

#### 4.1.1 Rettifili

##### Lunghezza massima rettifili

La lunghezza dei rettifili è stata contenuta al di sotto del valore massimo prescritto (per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna):

$$L_{r \max} = 22 \cdot V_{P\max}$$

dove  $V_{P\max}$  è la massima velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità.

##### Lunghezza minima rettifili

I rettifili sono stati mantenuti al di sopra dei valori minimi prescritti  $L_{r \min}$ , riportati nella tabella seguente, in funzione della massima velocità di progetto  $V_{P\max}$  desunta dal diagramma di velocità.

$V_{P\max}$ [km/h]	60	70	80	90	100
$L_{r \min}$ [m]	50	65	90	115	150

##### Pendenza trasversale lungo i rettifili

Allo scopo di garantire l'allontanamento dell'acqua superficiale, a ciascuna carreggiata della piattaforma stradale in rettifilo è stata assegnata una pendenza trasversale pari a  $q = 2,5\%$ .

#### 4.1.2 Curve circolari

##### Velocità di progetto lungo le curve circolari

La velocità di progetto  $V_P$  lungo le curve circolari varia in funzione del raggio di curvatura  $R$ . Per la definizione della legge di variazione, occorre definire due valori del raggio,  $R_{\min}$  e  $R^*$ , a partire dall'equazione di equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva:

$$(V_P)^2 / [(127 \cdot R)] = (q + f_t)$$

dove:

- $V_P$  = velocità di progetto [km/h];
- $R$  = raggio [m];
- $q$  = pendenza trasversale [unità assolute];
- $f_t = f_t(V_P)$  = quota parte del massimo valore coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente variabile in funzione della velocità di progetto secondo la tabella che segue:

$V_{P\max}$ [km/h]	60	80	100
$f_t$	0,17	0,13	0,11

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 10 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

Il valore  $R_{\min}$  è quello che verifica l'equazione l'equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva in corrispondenza di  $V_P = V_{P\min}$ ,  $q = q_{\max}$ ,  $f_t = f_t(V_{P\min}) = f_{t\max}$ , ovvero:

$$R_{\min} = (V_{P\min})^2 / [127 \cdot (q_{\max} + f_{t\max})] \quad [m]$$

Il valore  $R^*$  è quello che verifica l'equazione l'equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva in corrispondenza di  $V_P = V_{P\max}$ ,  $q = q_{\max}$ ,  $f_t = f_t(V_{P\max}) = f_{t\min}$ , ovvero:

$$R^* = (V_{P\max})^2 / [127 \cdot (q_{\max} + f_{t\min})] \quad [m]$$

Per  $R_{\min} \leq R \leq R^*$  la velocità di progetto si ricava dall'equazione di equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva tenendo conto che  $q_{\max} = 0,07$  e che  $f_t$  varia in funzione della velocità di progetto secondo la tabella riportata in precedenza (interpolando per velocità intermedie).

Per  $R > R^*$  la velocità di progetto è costante e pari a  $V_P = V_{P\max}$ .

### Raggio minimo curve circolari

Il raggio minimo delle curve circolari  $R_{\min}$  è pari al valore che verifica l'equazione (equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva):

$$(V_{P\min})^2 / [(127 \cdot R_{\min})] = (q_{\max} + f_{t\max})$$

da cui risulta:

$$R_{\min} = (V_{P\min})^2 / [127 \cdot (q_{\max} + f_{t\max})] \quad [m]$$

dove:

- $V_{P\min}$  = limite inferiore dell'intervallo di velocità di progetto [km/h];
- $q_{\max}$  = pendenza trasversale massima [unità assolute];
- $f_{t\max} = f_t(V_{P\min})$  = quota parte del massimo valore coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente.

Per il tipo di strada in esame si ha  $V_{P\min} = 60$  km/h,  $f_{t\max} = 0,17$ ,  $q_{\max} = 0,07$ , pertanto risulta un valore del raggio minimo prescritto pari a:

$$R_{\min} = 118 \text{ m}$$

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.diPag.
L073	212	E	06	CS000	REL	01	D	11 di 66

Tuttavia, si osserva che, per il soddisfacimento delle condizioni richieste dall'esame del diagramma di velocità, occorre che, per il tipo di strada ( $V_{Pmax}=100$  km/h), nel passaggio da tratti caratterizzati dalla  $V_{Pmax}$  a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h. Pertanto, il raggio minimo adottabile per le curve circolari è quello corrispondente ad una velocità di progetto pari a  $V_P = 90$  km/h che risulta essere pari a  $R_{90} = 339$  m

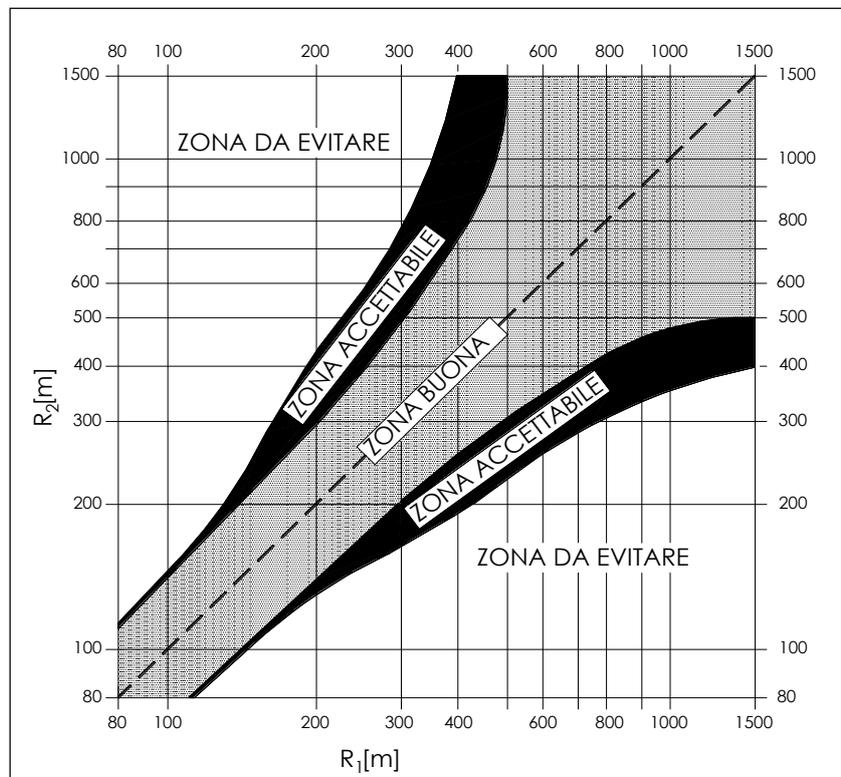
Per le curve circolari inserite nel tracciato è stato adottato un valore del raggio minimo pari a  $R_{min}$  adottato = 875 m >  $R_{90} = 339$  m.

### Sviluppo minimo curve circolari

Le curve circolari sono state progettate con uno sviluppo superiore allo sviluppo minimo prescritto  $S_{vmin}$  che consente, con riferimento alla velocità di progetto della curva, un tempo di percorrenza pari a 2,5 secondi.

### Compatibilità curve circolari successive

Le curve circolari sono state progettate in modo che i rapporti tra i raggi  $R_1$  ed  $R_2$  di due curve circolari che, con l'inserimento di un elemento a curvatura variabile, si succedono lungo il tracciato, definiscono un punto che, con riferimento all'abaco riportato di seguito, si colloca nella "zona buona" di cui al diagramma seguente.



### Compatibilità tra curve circolari e rettili

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 12 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

La successione geometrica tra rettili e curve circolari è stata impostata in modo tale che tra un rettilo, di lunghezza  $L_r$ , ed il raggio  $R$  più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettilo stesso, mediante l'interposizione di una curva a raggio variabile, è rispettata la relazione:

$$R > L_r \quad \text{per } L_r < 300 \text{ m}$$

$$R \geq L_r \quad \text{per } L_r \geq 300 \text{ m}$$

### Pendenza trasversale lungo le curve circolari

Lungo le curve circolari, la pendenza trasversale  $q$  è stata fatta variare in funzione del raggio della curva, risultando non maggiore del valore massimo  $q_{\max} = 0,07$ , e non inferiore al valore minimo  $q_{\min} = 0,025$ . In particolare, Indicando con  $R$  il raggio della curva circolare, la pendenza trasversale  $q$  è stata fatta variare secondo quanto riportato di seguito, distinguendo tre casi:

1. Per  $R_{\min} \leq R \leq R^*$  la pendenza trasversale è costante e pari a  $q = q_{\max} = 0,07$

dove:

- $R_{\min}$  è il raggio minimo per il tipo di strada, calcolato per  $V_P = V_{P_{\min}}$ ,  $f_t = f_t(V_{P_{\min}}) = f_{t_{\max}}$  e  $q = q_{\max}$ , ovvero:

$$R_{\min} = (V_{P_{\min}})^2 / [127 \cdot (q_{\max} + f_{t_{\max}})] \quad [\text{m}]$$

- $R^*$  è il raggio calcolato per  $V_P = V_{P_{\max}}$ , ( $f_t = f_t(V_{P_{\max}}) = f_{t_{\min}}$ ) e  $q = q_{\max}$ , ovvero:

$$R^* = (V_{P_{\max}})^2 / [127 \cdot (q_{\max} + f_{t_{\min}})] \quad [\text{m}];$$

2. Per  $R^* \leq R \leq R_{2,5}$  la pendenza trasversale varia secondo la legge  $\ln q = a \cdot \ln(R) + b$ , da cui si ha  $q = \exp(a \cdot \ln(R) + b)$ ;

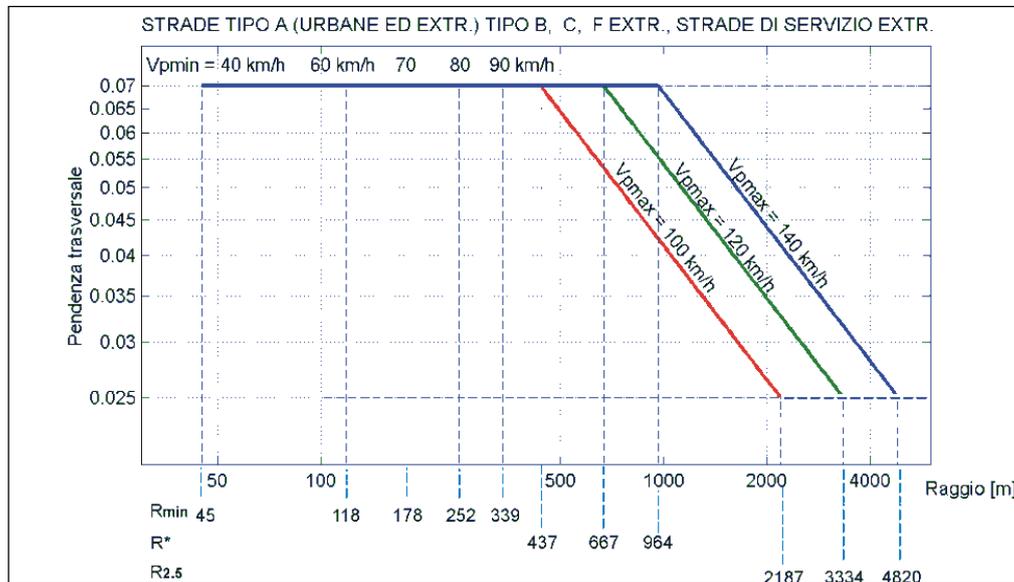
dove:

- $R_{2,5} = 5 \cdot R^*$  è il raggio corrispondente a  $V_P = V_{P_{\max}}$  ed a  $q = q_{\min}$ ;
- $a$  è un coefficiente, indipendente dal tipo di strada, il cui valore è pari a -0,64;
- $b$  è un coefficiente, funzione del limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto, che per la strada in esame è pari a 1,23.

3. Per  $R \geq R_{2,5}$  la pendenza trasversale è costante e pari a  $q = q_{\min} = 0,025$

La formulazione analitica esposta, è equivalente all'utilizzo dell'abaco di seguito riportato.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 13 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------



### Allargamenti per l'iscrizione lungo le curve circolari

Allo scopo di consentire la sicura iscrizione dei veicoli nei tratti curvilinei del tracciato, conservando i necessari franchi fra la sagoma limite dei veicoli ed i margini delle corsie, è necessario che nelle curve circolari ciascuna corsia sia allargata di una quantità E, data dalla relazione:

$$E = K/R \quad [m]$$

dove:

- K = 45;
- R = raggio esterno (in m) della corsia.

Per il tipo di strade in esame, ad unica carreggiata a due corsie, sono stati utilizzati raggi non inferiori a 40 m, pertanto si assume come raggio per il calcolo dell'allargamento quello dell'asse della carreggiata

Se l'allargamento E, calcolato con la relazione precedente, è inferiore a 20 cm la corsia conserva la larghezza del rettangolo. Inoltre, il valore così determinato potrà essere opportunamente ridotto, al massimo fino alla metà, qualora si ritenga poco probabile l'incrocio in curva di due veicoli appartenenti ai seguenti tipi: autobus ed autocarri di grosse dimensioni, autotreni ed autoarticolati.

Lungo il tracciato sono state inserite curve circolari con raggio minimo pari a 875 m a cui corrisponde un valore  $E=0,05 \text{ m} < 0,20 \text{ m}$ , pertanto non sono stati previsti allargamenti per iscrizione.

### 4.1.3 Clotoidi

Tra le curve circolari ed i rettili sono state inserite curve a raggio variabile costituite da clotoidi lungo le quali si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, ove necessario, della larghezza. La clotoide risulta definita dall'equazione:

$$r \cdot s = A^2$$

dove:

- r = raggio di curvatura in un punto generico della clotoide [m];
- s = ascissa curvilinea corrispondente al raggio di curvatura r [m];
- A = parametro di scala [m].

### Parametro minimo clotoidi

Le clotoidi inserite nel tracciato sono state progettate secondo parametri di scala superiori ai valori minimi prescritti definiti dai tre criteri riportati di seguito.

- Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo c), fra il parametro A [m] e la massima velocità V [km/h], desunta dal diagramma di velocità per l'elemento di clotoide, deve essere verificata la relazione:

$$A \geq A_{\min-2} = [V^3/c_{\max} - (g \cdot V \cdot R \cdot (q_f - q_i))/c_{\max}]^{0,5}$$

dove:

- V = massima velocità lungo la clotoide (desunta dal diagramma di velocità);
- $c_{\max} = 50,4 / V$  = valore limite del contraccolpo;
- R = raggio della curva circolare connessa alla clotoide;
- $q_f$  = pendenza trasversale alla fine dell'arco di clotoide [%];
- $q_i$  = pendenza trasversale all'inizio dell'arco di clotoide [%];

Trascurando il secondo termine si ottiene:

$$A \geq A_{\min-2} = 0,021 V^2$$

- Criterio 2 (Limitazione della sovrappendenza delle linee di estremità della carreggiata)

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide, la carreggiata stradale presenta differenti assetti trasversali che vanno raccordati longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza  $\Delta i$  nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione, tale sovrappendenza è pari a :

$$\Delta i = B_i \cdot (|q_{f1}| + |q_{f2}|) / L \quad [\%]$$

dove:

- $B_i$  = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della clotoide [m];
- $|q_{f1}|$  = valore assoluto della pendenza trasversale alla fine dell'arco di clotoide [%];
- $|q_{f2}|$  = valore assoluto della pendenza trasversale all'inizio dell'arco di clotoide [%];

- L = lunghezza dell'arco di clotoide [m].

Per ragioni dinamiche (cioè per limitare la velocità di rotazione trasversale dei veicoli - velocità di rollio) la sovrappendenza longitudinale  $\Delta i$  [%] delle estremità della carreggiata (esclusi gli eventuali allargamenti in curva) non può superare il valore massimo  $\Delta i_{max}$  che si calcola con la seguente espressione:

$$\Delta i_{max} = 18 \cdot Bi/V \quad [\%]$$

dove:

- $Bi$  = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile [m];
- $V$  = velocità di progetto [km/h].

A partire dal valore  $\Delta i_{max}$  [%] si ricava la lunghezza minima dell'arco di clotoide  $L_{min}$  [m]:

$$L_{min} = Bi \cdot (|q_l| + |q_f|) / \Delta i_{max}$$

pertanto, il parametro  $A$  [m] deve verificare la seguente relazione:

$$A \geq A_{min-2} = [Bi \cdot (|q_l| + |q_f|) / ((1/R_i - 1/R_f) \cdot \Delta i_{max})]^{0.5}$$

dove:

- $Bi$  = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della clotoide [m];
- $|q_l|$  = valore assoluto della pendenza trasversale all'inizio dell'arco di clotoide [%];
- $|q_f|$  = valore assoluto della pendenza trasversale alla fine dell'arco di clotoide [%];
- $R_i$  = raggio nel punto iniziale dell'arco di clotoide [m];
- $R_f$  = raggio nel punto finale dell'arco di clotoide [m];
- $\Delta i_{max}$  = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano  $Bi$  dall'asse di rotazione [%].

Avendo fissato  $\Delta i_{max} = 18 \cdot Bi / V$  [%], la relazione da rispettare sul parametro minimo diventa:

$$A \geq A_{min-2} = [(|q_f| + |q_l|) \cdot V / ((1/R_i - 1/R_f) \cdot 18)]^{0.5}$$

- *Criterio 3 (Ottico)*

Per garantire la percezione ottica del raccordo, deve essere verificata la relazione:

$$A \geq A_{min-3} = R/3$$

dove  $R$  [m] è il raggio della curva che si connette all'arco di clotoide di parametro  $A$  [m].

### Parametro massimo clotoidi

Le clotoidi inserite nel tracciato sono state progettate secondo parametri di scala A non superiori al valore massimo  $A_{max}$  necessario per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, ovvero:

$$A \leq A_{max} = R$$

dove R [m] è il raggio della curva che si connette all'arco di clotoide di parametro A [m].

### Compatibilità clotoidi successive

Tra due clotoidi, di parametro  $A_1$  e  $A_2$  rispettivamente, che si connettono ad una stessa curva, risulta soddisfatta la relazione:

$$2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$$

ponendo:  $A_{min} = \min(A_1, A_2)$  e  $A_{max} = \max(A_1, A_2)$ , la relazione di cui sopra è equivalente a:

$$A_{min} / A_{max} \geq 2/3 \quad \text{oppure} \quad A_{max} / A_{min} \geq 3/2$$

### Pendenza trasversale lungo le clotoidi

Lungo le clotoidi si realizza il graduale passaggio della pendenza trasversale dal valore proprio di un elemento a quello relativo al successivo. Questo passaggio si ottiene facendo ruotare la carreggiata stradale, o parte di essa, intorno ad un asse.

Per effetto della rotazione dei cigli, lungo le clotoidi si genera una sovrappendenza  $\Delta_i$  nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Tale sovrappendenza è pari a:

$$\Delta_i = B_i \cdot (|q_{i1}| + |q_{i2}|) / L \quad [\%]$$

dove:

- $B_i$  = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della clotoide [m];
- $|q_{i1}|$  = valore assoluto della pendenza trasversale all'inizio dell'arco di clotoide [%];
- $|q_{i2}|$  = valore assoluto della pendenza trasversale alla fine dell'arco di clotoide [%];
- L = lunghezza dell'arco di clotoide [m].

Le clotoidi inserite nei tracciati, danno luogo a valori della sovrappendenza contenuti nei limiti prescritti (massimi e minimi) riportati di seguito.

- Valori massimi della sovrappendenza  $\Delta_i$

La sovrappendenza  $\Delta_i$  deve risultare inferiore ad un valore massimo  $\Delta_{imax}$ , come già esposto a proposito della limitazione del parametro delle clotoidi derivante dal Criterio 2.

- Valori minimi della sovrappendenza  $\Delta_i$

Quando lungo una clotoide la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, durante una certa fase della rotazione la pendenza trasversale è inferiore a quella minima  $q_{\min} = 2,5\%$  necessaria per il deflusso dell'acqua. In questi casi, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, è necessario che la pendenza  $\Delta i$  dell'estremità che si solleva sia non inferiore al valore minimo prescritto  $\Delta i_{\min}$ :

$$\Delta i_{\min} = 0,1 \cdot B_i \quad [\%]$$

dove  $B_i$  [m] è la distanza tra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata.

Se pertanto risulta  $\Delta i < \Delta i_{\min}$ , è necessario "spezzare" in due parti il profilo dei cigli della carreggiata, realizzano un primo tratto, di lunghezza  $L_1$ , con pendenza maggiore o uguale a  $\Delta i_{\min}$ , fino a quando la pendenza trasversale ha raggiunto il valore minimo  $q_{\min} = 2,5\%$ ; la pendenza risultante per il tratto successivo potrà essere anche inferiore a  $\Delta i_{\min}$ :

Pertanto, la lunghezza del tratto  $L_1$  [m] non può oltrepassare il valore massimo  $L_{1\max}$  (per valori  $L_1 > L_{1\max}$  si realizzerebbero pendenze inferiori a  $\Delta i_{\min}$ ), ovvero:

- $L_1 \leq L_{1\max} = [B_i \cdot (0,025 + 0,025) \cdot 100] / \Delta i_{\min}$  per clotoide di transizione (rettifilo - curva);
- $L_1 \leq L_{1\max} = [B_i \cdot (0,025 + 0,00) \cdot 100] / \Delta i_{\min}$  per clotoide di flessione (curva - curva).

## 4.2 ANDAMENTO ALTIMETRICO

L'andamento altimetrico del "secondo stralcio funzionale", oggetto del presente progetto e compreso tra progr. 0,00 e progr. 8420,00, è stata definito in congruenza con gli elementi geometrici degli stralci funzionali adiacenti.

Le caratteristiche degli elementi geometrici costituenti l'andamento altimetrico sono riportate nella tabella seguente.

**Asse principale**  
**Elementi altimetrici**

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	R [m]	i [%]	Note
1	1	Livellotta	-854,55	-373,98	480,57	∞	-0,097%	"primo stralcio funzionale"
2	1	Raccordo convesso	-373,98	-206,61	167,37	8000,00	variabile	
3	2	Livellotta	-206,61	-69,79	136,82	∞	-2,190%	
4	2	Raccordo concavo	-69,79	-11,31	58,48	5000,00	variabile	
5	3	Livellotta	-11,31	0,00	11,31	∞	-1,020%	"secondo stralcio funzionale"
			0,00	405,28	405,28			
6	3	Raccordo concavo	0,00	810,61	810,61	10000,00	variabile	
7	4	Livellotta	810,61	1889,84	1079,23	∞	3,033%	
8	4	Raccordo convesso	1889,84	2842,28	952,44	50000,00	variabile	
9	5	Livellotta	2842,28	4097,16	1254,88	∞	1,128%	
10	5	Raccordo convesso	4097,16	4152,84	45,68	20000,00	variabile	
11	6	Livellotta	4142,84	4278,25	135,41	∞	0,900%	
12	6	Raccordo concavo	4278,25	4447,70	169,45	4440,00	variabile	
13	7	Livellotta	4447,70	4498,05	50,35	∞	4,717%	
14	7	Raccordo convesso	4498,05	5471,89	973,84	10100,00	variabile	
15	8	Livellotta	5471,89	5475,01	3,12	∞	-4,925%	

16	8	Raccordo concavo	5475,01	5684,99	209,98	4475,00	variabile		
17	9	Livelletta	5684,99	5699,36	36,36	∞	-0,233%		
18	9	Raccordo concavo	5699,36	5889,30	189,94	15000,00	variabile		
19	10	Livelletta	5889,30	6278,03	388,73	∞	-1,499%		
20	10	Raccordo convesso	6278,03	6426,17	148,14	5000,00	variabile		
21	11	Livelletta	6426,17	6620,17	194	∞	1,463%		
22	11	Raccordo convesso	6620,17	6771,70	151,53	7400,00	variabile		
23	12	Livelletta	6771,70	6771,94	0,24	∞	-0,584%		
24	12	Raccordo concavo	6771,94	7326,90	554,96	8650,00	variabile		
25	13	Livelletta	7326,90	7608,69	281,79	∞	-7,000%		
26	13	Raccordo concavo	7608,69	7858,71	250,02	5000,00	variabile		
27	14	Livelletta	7858,71	8420,00	561,29	∞	-2,000%	"terzo stralcio funzionale"	
			8420,00	8638,86	218,86				
28	14	Raccordo concavo	8420,00	8868,81	448,81	10000,00	variabile		
29	15	Livelletta	8868,81	9237,30	368,49	∞	0,300%		

Con riferimento a ciascun elemento geometrico altimetrico, la notazione utilizzata nella tabella è la seguente:

- N = numero d'ordine progressivo;
- Elemento = tipo di elemento geometrico altimetrico (livelletta/raccordo concavo/raccordo convesso);
- n = numero d'ordine progressivo per elemento geometrico omogeneo;
- Progr. in. = progressiva iniziale;
- Progr. fin. = progressiva finale;
- L = sviluppo;
- R = raggio di curvatura;
- i = pendenza.

#### 4.2.1 Livellette

La definizione del profilo altimetrico è avvenuta attraverso l'inserimento di livellette con valori delle pendenze contenute nel limite massimo prescritto per il tipo di strada pari a  $i_{max} = 7\%$ .

#### 4.2.2 Raccordi parabolici

Per il raccordo tra livellette successive, sono stati impiegati raccordi altimetrici parabolici concavi e convessi.

I raggi dei raccordi verticali inseriti risultano superiori ai valori minimi prescritti i quali sono stabiliti sulla base di due criteri:

1. Assicurare il comfort all'utenza;

2. Assicurare le visuali libere per la sicurezza di marcia.

In base al primo criterio, si pone un limite all'accelerazione verticale  $a_v$  [m/s<sup>2</sup>], ovvero:

$$a_v = v_p^2 / R_v \leq a_{v \text{ lim}}$$

dove:

- $v_p$  = velocità di progetto [m/s] (desunta puntualmente dal diagramma di velocità)
- $R_v$  = raggio del raccordo verticale nel vertice della parabola [m];
- $a_{v \text{ lim}}$  = accelerazione verticale limite = 0,6 m/s<sup>2</sup>.

da cui risulta un valore minimo del raggio del raccordo verticale pari a:

$$R_{v \text{ min}} = 0,129 V_p^2$$

dove  $V_p$  è la velocità di progetto [km/h] (desunta puntualmente dal diagramma di velocità)

In base al secondo criterio, si richiede che il conducente possa vedere, ad una prefissata distanza  $D$ , un oggetto che si trovi sulla sua traiettoria. In particolare, occorre garantire la possibilità di arrestarsi di fronte ad un ostacolo, pertanto occorre assumere  $D = D_a$  (dove  $D_a$  è la visuale libera richiesta per l'arresto). Per tale criterio vanno esaminati, separatamente, i raccordi convessi da quelli concavi.

#### Raccordi convessi

In relazione ai raccordi convessi, vengono distinti due casi, a seconda che la distanza di visuale libera richiesta per l'arresto ( $D_a$ ) sia inferiore o superiore allo sviluppo  $L$  del raccordo.

#### **Caso $D_a < L$**

In tal caso il raggio minimo del raccordo  $R_{v \text{ min}}$  [m] risulta:

$$R_{\text{min}} = D_a^2 / [2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot (h_1 + h_2)^{0.5})] \quad [\text{m}]$$

dove:

- $D_a$  = distanza di visuale libera richiesta per l'arresto [m];
- $h_1$  = altezza dell'occhio del conducente dal piano stradale = 1,10 m;
- $h_2$  = altezza dell'ostacolo dal piano stradale = 0,10 m.

#### **Caso $D_a > L$**

In tal caso il raggio minimo del raccordo  $R_{v \text{ min}}$  [m] risulta:

$$R_{\text{min}} = (2/\Delta i) \cdot [D_a - ((h_1 + h_2 + 2 \cdot (h_1 + h_2)^{0.5}) / \Delta i)] \quad [\text{m}]$$

dove:

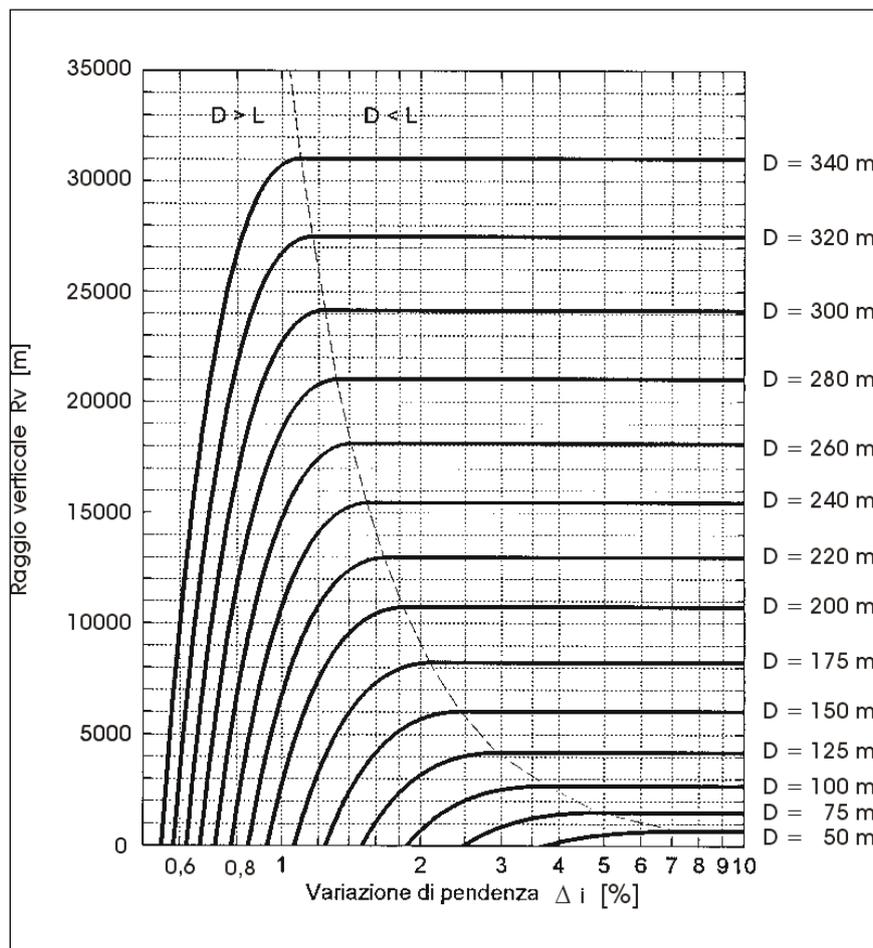
Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 20 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

- $\Delta i$  = variazione di pendenza tra le livellette del raccordo [%];
- $D_a$  = distanza di visuale libera richiesta per l'arresto [m];
- $h_1$  = altezza dell'occhio del conducente dal piano stradale = 1,10 m;
- $h_2$  = altezza dell'ostacolo dal piano stradale = 0,10 m.

La relazione da utilizzare dipende dal valore della variazione di pendenza  $\Delta i$ . In particolare, indicato con  $\Delta i^*$  il valore della variazione di pendenza che verifica  $D_a = L$  nella relazione valida nel caso  $D_a > L$ , occorre procedere in questo modo:

- o per  $\Delta i > \Delta i^*$  la relazione da utilizzare è quella valida per  $D_a < L$ ;
- o per  $\Delta i \leq \Delta i^*$  la relazione da utilizzare è quella valida per  $D_a > L$ .

Le formulazioni analitiche di cui sopra, risultano equivalenti all'utilizzo dell'abaco riportato di seguito.



### Raccordi concavi

Per quanto riguarda i raccordi concavi, non si pongono problemi di visibilità con luce diurna, mentre è necessario garantire che il tratto di strada illuminato dai fari abbia lunghezza non inferiore alla distanza di

arresto  $D_a$ . Anche in relazione ai raccordi convessi, vengono distinti due casi, a seconda che la distanza di visuale libera richiesta per l'arresto ( $D_a$ ) sia inferiore o superiore allo sviluppo  $L$  del raccordo.

**Caso  $D_a < L$** 

In tal caso il raggio minimo del raccordo  $R_{vmin}$  [m] risulta:

$$R_{vmin} = D_a^2 / 2 \cdot (h + D_a \cdot \theta) \quad [m]$$

dove:

- $D_a$  = distanza di visuale libera richiesta per l'arresto [m];
- $h$  = altezza del centro dei fari del veicolo dal piano stradale = 0,50 m;
- $\theta$  = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo =  $1^\circ$  (0,017453293 rad).
- 

**Caso  $D_a > L$** 

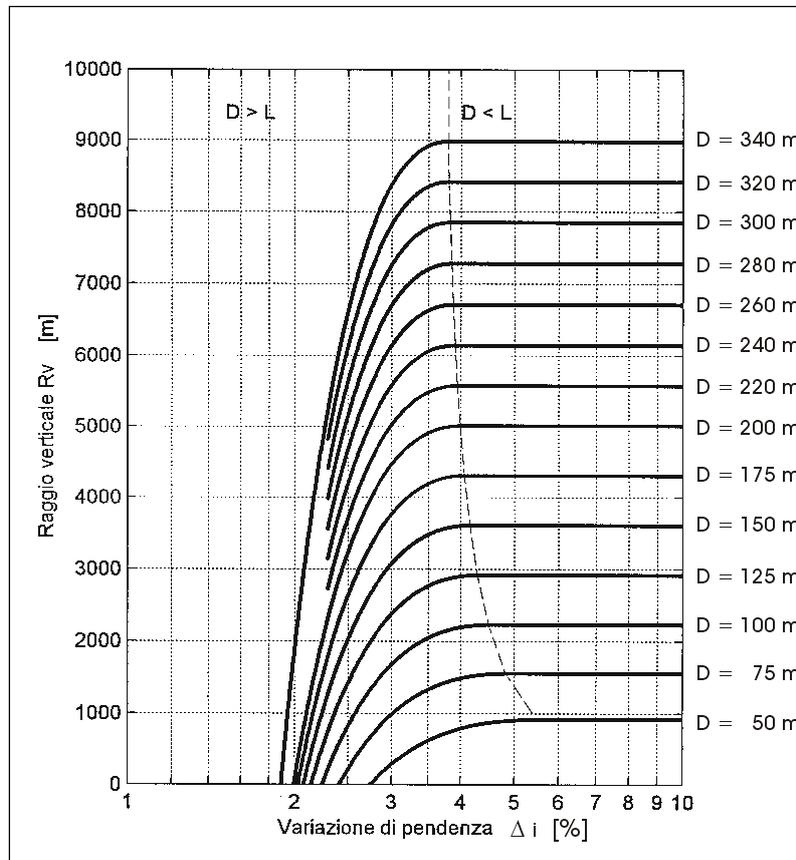
In tal caso il raggio minimo del raccordo  $R_{vmin}$  [m] risulta:

$$R_{vmin} = (2/\Delta i) \cdot [D_a - ((h + D_a \cdot \theta) / \Delta i)] \quad [m]$$

Allo stesso modo dei raccordi convessi, la relazione da utilizzare dipende dal valore della variazione di pendenza  $\Delta i$ . In particolare, indicato con  $\Delta i^*$  il valore della variazione di pendenza che verifica  $D_a = L$  nella relazione valida nel caso  $D_a > L$ , occorre procedere in questo modo:

- o per  $\Delta i > \Delta i^*$  la relazione da utilizzare è quella valida per  $D_a < L$ ;
- o per  $\Delta i \leq \Delta i^*$  la relazione da utilizzare è quella valida per  $D_a > L$ .

La formulazione analitica di cui sopra, è equivalente all'utilizzo dell'abaco riportato di seguito.



### 4.3 DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale ed è stato costruito sulla base del solo tracciato planimetrico, calcolando, per ogni elemento, l'andamento della velocità di progetto.

Il diagramma di velocità è stato redatto secondo l'intervallo di velocità di progetto (60÷100) km/h prescritto per la categoria di strada.

In particolare, il diagramma di velocità è stato redatto sulla base sulle seguenti ipotesi:

- sui rettifili, sulle curve circolari con raggio non inferiore ad  $R^*$  e lungo le clotoidi, la velocità tende al limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto  $V_{pmax}$ ;
- su tutte le curve con raggio inferiore ad  $R^*$  la velocità è costante e si valuta attraverso l'equazione di stabilità allo slittamento del veicolo in curva;
- gli spazi di accelerazione e di decelerazione, rispettivamente, in uscita o in ingresso ad una curva circolare, ricadono sugli elementi indicati in a);
- le variazioni avvengono con moto uniformemente vario con  $a = 0,8 \text{ m/s}^2$ . Lo spazio necessario per passare da una velocità  $V_1$  ad una velocità  $V_2$ , denominata dalle Norme distanza di transizione  $D_T$ , si valuta con la relazione:

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 23 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

$$D_T = (V_1^2 - V_2^2) / 2a ;$$

- e) la decelerazione termina all'inizio della curva circolare, mentre l'accelerazione comincia all'uscita della curva circolare, pertanto è a partire da questi punti che vanno riportate le distanze di transizione.
- f) Affinché il conducente possa attuare la decelerazione, è necessario che la curva sia vista e percepita come tale; la distanza  $D_T$  deve, pertanto, essere minore della visuale libera disponibile e della distanza di riconoscimento  $D_r$  che può essere calcolata moltiplicando per 12 la velocità espressa in m/s.

Dopo aver ottenuto il diagramma di velocità, si è verificato che il tracciato possa essere ritenuto omogeneo per entrambi i sensi di circolazione. In particolare è stato controllato che:

1. nel passaggio da tratti caratterizzati dalla  $V_{pmax}$  a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non sia superiore a 10 km/h;
2. fra due curve successive la differenza di velocità, in decelerazione, non sia mai superiore a 20 km/h (tollerando differenze di velocità al massimo pari a 15 km/h).

In seguito a tale verifica, il tracciato è completamente rispondente alle condizioni di cui sopra.

#### **4.4 DISTANZE DI VISUALE LIBERA**

Con riferimento alle distanze di visuale libera, è stata condotta una verifica con riferimento all'andamento planimetrico ed all'andamento altimetrico.

Nel presente paragrafo si illustra la metodologia impiegata per la verifica delle distanze di visuale libera con riferimento all'andamento planimetrico. Per quanto riguarda la verifica relativa all'andamento altimetrico si rimanda al par. 4.2.

Rispetto alla velocità di progetto è stata verificata la sussistenza di visuali libere commisurate alla distanza di visibilità per l'arresto ai sensi del D.M. 05/11/2001, prevedendo, ove necessario, ampliamenti della carreggiata lungo i tratti curvilinei.

Dal punto di vista planimetrico, la verifica delle distanze di visuale libera è stata condotta con riferimento alle curve circolari, confrontando, nell'ambito di ogni curva, la distanza di visuale libera disponibile  $D_v$  con la distanza di visibilità richiesta per l'arresto  $D_a$  e con la distanza di visibilità richiesta per il sorpasso  $D_s$ .

La **distanza di visuale libera disponibile**  $D_v$  è la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada. Nel caso in esame, lungo le curve circolari destrorse sono presenti potenziali ostacoli alla visibilità quali le barriere di sicurezza marginali.

Il calcolo della visuale libera in curva è avvenuto attraverso la relazione:

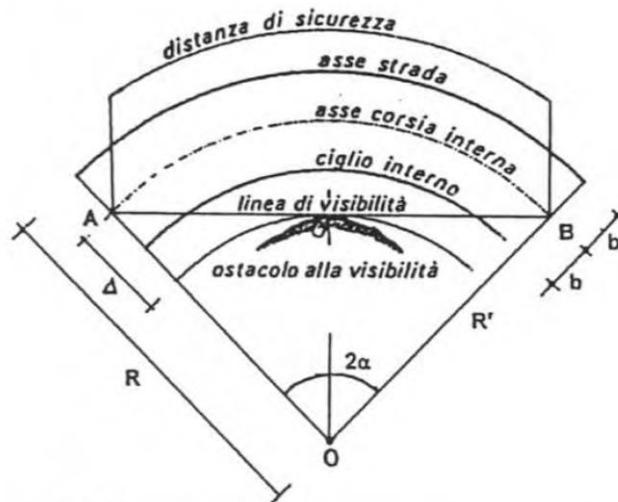
$$D_v = 2R \cdot \arccos(1 - \Delta/R) \quad [m]$$

dove:

- $R' = R - b$  = raggio della curva circolare in asse alla corsia occupata dal conducente [m];

- $\Delta$  = distanza dell'ostacolo alla visibilità dall'asse della corsia occupata dal conducente [m].

La relazione di cui sopra è valida nell'ipotesi, cautelativa rispetto alle reali condizioni, che conducente ed ostacolo si trovino entrambi lungo la curva, come mostrato nella figura seguente.



Nella valutazione della visuale libera disponibile in curva, la posizione del conducente è stata considerata al centro della corsia impegnata, con l'altezza dell'occhio a 1,10 m dal piano viabile.

In particolare, la verifica è stata condotta per le curve in destra considerando il conducente lungo l'asse della corsia.

La **distanza di visibilità richiesta per l'arresto  $D_A$**  è la distanza pari allo spazio minimo necessario affinché un conducente possa arrestare il veicolo, in condizioni di sicurezza, davanti ad un ostacolo imprevisto. Tale distanza è stata valutata ipotizzando un ostacolo a 0,10 m dal piano viabile e lungo l'asse della corsia occupata dal conducente e si valuta con la seguente espressione:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^{V_1} \frac{V}{g \times \left[ f_l(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV$$

dove:

- $D_A$  = distanza di visibilità richiesta per l'arresto [m];
- $D_1$  = spazio percorso nel tempo  $\tau$ ;
- $D_2$  = spazio di frenatura;
- $V_0$  = velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità [km/h];
- $V_1$  = velocità finale del veicolo, in cui  $V_1 = 0$  in caso di arresto [km/h];
- $i$  = pendenza longitudinale del tracciato [ % ];
- $\tau$  = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s];
- $g$  = accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>];

- $R_a$  = resistenza aerodinamica [ N ];
- $m$  = massa del veicolo [kg];
- $f_1$  = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura;
- $r_0$  = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg].

La resistenza aerodinamica  $R_a$  [N] si valuta con la seguente espressione :

$$R_a = \frac{1}{2 \times 3,6^2} \rho C_x S V^2$$

dove:

- $C_x$  = coefficiente aerodinamico;
- $S$  = superficie resistente [m<sup>2</sup>];
- $\rho$  = massa volumica dell'aria in condizioni standard [kg/m<sup>3</sup>].

Per  $f_1$  possono adottarsi le due serie di valori di seguito riportate, una relativa alle autostrade e l'altra valida per tutti gli altri tipi di strade. Tali valori sono compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata (spessore del velo idrico di 0,5 mm)

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
$f_1$ Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34
$f_1$ Altre strade	0,45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Per le autostrade sono stati adottati valori di  $f_1$  maggiori in considerazione del fatto che su tale tipo di vie, caratterizzate da standard geometrici elevati nonché da piani viabili di qualità, l'utente tende ad impegnare l'aderenza disponibile in misura maggiore.

Con riferimento alla categoria di strada in oggetto (Cat. C), si è fatto riferimento ai valori corrispondenti a "Altre strade".

Le distanze così calcolate sono valide sia in rettilineo che in curva.

Per il tempo complessivo di reazione si assumono valori linearmente decrescenti con la velocità da 2,6 s per 20 km/h, a 1,4 s per 140 km/h., in considerazione della attenzione più concentrata alle alte velocità.

$$\tau = (2,8 - 0,01 V) \quad [s] \text{ con } V \text{ in km/h}$$

dove:

$\tau$  = tempo complessivo di reazione [s];

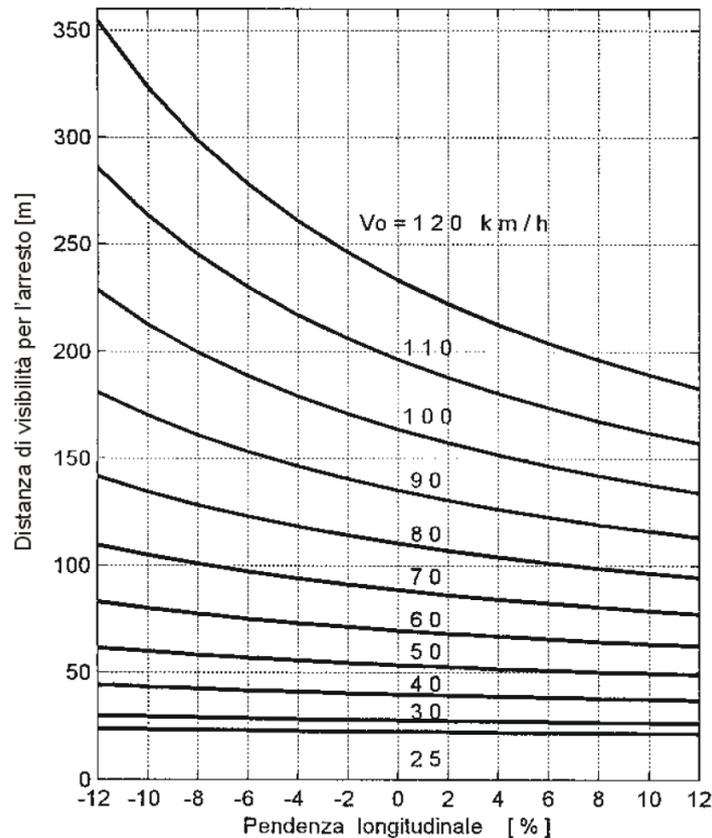
$V$  = velocità [km/h].

In situazioni particolari quali incroci o tratti di difficile lettura ed interpretazione (intersezioni complesse, innesti o deviazioni successive ecc.) il tempo di cui sopra va maggiorato di 1 secondo nel caso di strada extraurbana e fino a 3 secondi in ambito urbano.

Con riferimento alla categoria di strada in oggetto (Cat. C), la figura seguente riporta le distanze di visibilità per l'arresto calcolate come sopra, in funzione di una pendenza longitudinale costante. In caso di

variabilità di tale pendenza (racordi verticali), si può assumere per essa il valore medio.

PER LE ALTRE STRADE



Il diagramma della figura precedente è calcolato per il caso di arresto di una autovettura le cui caratteristiche di resistenza aerodinamica (con riferimento ad una autovettura media) sono precisate di seguito:

- $C_x$  = coefficiente aerodinamico = 0,35
- $S$  = superficie resistente = 2,1 [m<sup>2</sup>]
- $m$  = massa del veicolo = 1250 [kg]
- $\rho$  = massa volumica dell'aria in condizioni standard = 1,15 [kg/m<sup>3</sup>]

Con queste condizioni e  $V$  espressa in km/h si ha che  $Ra/m$  [N/kg] è pari a:

$$\frac{Ra}{m} = 2,61 \times 10^{-5} \times V^2$$

La **distanza di visibilità richiesta per il sorpasso  $D_s$**  è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto. In presenza di veicoli marcianti in senso opposto, la distanza di visibilità completa per il sorpasso si valuta, in funzione della velocità di progetto  $V$ (km/h) desunta puntualmente

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 27 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

dal diagramma di velocità, attraverso la seguente espressione:

$$D_s = 5,5 \cdot V$$

Al fine di garantire l'osservanza delle verifiche di visibilità, laddove necessario, sono stati previsti idonei allargamenti della piattaforma.

In particolare, le verifiche di visibilità per l'arresto (riportate al par. 5.4) hanno evidenziato la necessità di operare, in alcuni casi, arretramenti degli ostacoli laterali, mediante ampliamento della carreggiata, lungo alcuni elementi del tracciato (curve circolari e relativi elementi di transizione) al fine di rendere congruenti le distanze di visuale libera con le distanze di visuale libera richieste per l'arresto.

Per quanto riguarda la verifica relativa alle distanze di visuale libera richieste per il sorpasso, lungo i tratti stradali corrispondenti ai raccordi circolari planimetrici ed i raccordi parabolici altimetrici convessi, sono assicurate distanze di visuale libera disponibili inferiori a quelle richieste per il sorpasso. Pertanto, al fine di garantire adeguate condizioni di sicurezza, lungo tali tratti si ritiene di intervenire attraverso l'interdizione della manovra di sorpasso mediante opportuna segnaletica verticale di prescrizione.

## 4.5 PIAZZOLE DI SOSTA

Lungo il tracciato dell'asse principale sono state previste piazzole di sosta lungo ciascun senso di marcia, di dimensioni conformi alle prescrizioni normative (par. 3.6.2 del D.M. 05/11/2001), ovvero:

- lunghezza totale pari a 65 m (25 m il tratto centrale e 20 m i tratti di raccordo);
- larghezza complessiva, oltre la banchina, pari a 3,50 m.

Il criterio seguito per l'ubicazione delle piazzole di sosta nei tratti all'aperto è stato quello di garantire, compatibilmente la presenza degli svincoli e con la successione delle diverse configurazioni del corpo stradale, un interasse pari a circa 1 km nei due sensi di marcia. Lungo la galleria Croce di Calle (di lunghezza superiore a 1000 m) sono state previste piazzole di sosta ad interasse pari a 600 m nei due sensi di marcia.

Tenendo conto di quanto sopra, sono state previste complessivamente 17 piazzole ripartite in:

- 9 piazzole lungo la corsia in direzione Nord-Sud (direzione Cerreto d'Esse-Matelica);
- 8 piazzole lungo la corsia in direzione Sud-Nord (Matelica-Cerreto d'Esse).

L'ubicazione e l'interasse delle piazzole di sosta, nonché le opere interessate dalle stesse è riportata nella tabella seguente.

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 28 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

Direzione Cerreto d'Esi-Matelica (DX)				Direzione Matelica-Cerreto d'Esi (SX)			
n	Progr. [m]	Interasse [m]	Opera	n	Progr. [m]	Interasse [m]	Opera
1	556,03	-	Rilevato	1	<b>405,72</b>	-	Rilevato
2	1555,81	1000	Rilevato/Trincea	2	<b>1752,51</b>	1347	Rilevato/Trincea
3	2456,48	901	Galleria Croce di Calle	3	<b>2152,79</b>	400	Galleria Croce di Calle
4	3060,00	604	Galleria Croce di Calle	4	<b>2760,00</b>	607	Galleria Croce di Calle
5	3346,73	287	Rilevato	5	<b>4332,50</b>	1572	Rilevato/Trincea
6	4332,50	986	Rilevato	6	<b>5592,48</b>	1260	Rilevato
7	5532,47	1200	Rilevato	7	<b>6741,01</b>	1149	Rilevato
8	6741,01	1209	Rilevato	8	<b>7527,45</b>	786	Trincea
9	7832,50	1091	Rilevato/Trincea	-	-	-	-

## 5. VERIFICA DI CONFORMITA' ALLE PRESCRIZIONI DEL D.M. 05/11/2001

La successione degli elementi del tracciato è stata impostata sulla base delle prescrizioni contenute nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" di cui al D.M. 05/11/2001. In particolare, i parametri degli elementi plano-altimetrici sono stati dimensionati secondo la massima velocità dell'elemento desunta dal diagramma di velocità.

Sulla base del diagramma di velocità sono stati verificati gli elementi planimetrici ed altimetrici e le condizioni di visibilità. I risultati della verifica sono riportati nel seguito.

### 5.1 VERIFICA ANDAMENTO PLANIMETRICO

La verifica di conformità alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001 dell'andamento planimetrico è riportata nella tabella che segue.

**Asse principale**  
**Verifica andamento planimetrico**

Dati generali	Minimo	Massimo				
Normativa: Min. LLPP 2002 - Italia						
Asse: Asse Principale						
Tipo di strada: C1 - Extraurbana secondaria						
Larghezza semicarreggiata (m)	3.75					
Velocità progetto (Km/h)	60	100				
<b>Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):365.46</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Lung. Max</b>	<b>Parametri</b>			
<b>Progressiva</b>			<b>-439.11</b>			
Lunghezza minima (m)	150.00					
Lunghezza massima (m)		2200.00				
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>150.00</b>	<b>2200.00</b>				
<b>Rettifilo in normativa</b>	<b>365.46</b>					
<b>Clotoide n°1 - Parametro A:500.000 - Lunghezza (m):227.27</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto FF</b>	<b>Parametri</b>	
<b>Progressiva</b>					<b>-73.65</b>	
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					100	
Fattore di forma				1.000		
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	197.466					
Criterio ottico	366.667					
Criterio ottico		1100.000				
Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza				1.111		
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>366.667</b>	<b>1100.000</b>				
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>500.000</b>		<b>227.27</b>	<b>1.000</b>		
<b>Raccordo n°1 - Raggio (m):1100.00 - Lunghezza (m):634.83</b>	<b>Raggio Min</b>	<b>Raggio Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Parametri</b>		
<b>Progressiva</b>				<b>153.62</b>		
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				100		
Raggio minimo in funzione della velocità	118.11					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo successivo	0.04					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			69.44			
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>118.11</b>		<b>69.44</b>			
<b>Raccordo in normativa</b>	<b>1100.00</b>		<b>634.83</b>			
<b>Clotoide n°2 - Parametro A:449.900 - Lunghezza (m):184.01</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto FF</b>	<b>Parametri</b>	

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 30 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

 Asse principale  
 Verifica andamento planimetrico

<b>Progressiva</b>								<b>788.45</b>
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)								100
Fattore di forma							1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000							
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	197.466							
Criterio ottico	366.667							
Criterio ottico				1100.000				
Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza						0.900		
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>366.667</b>			<b>1100.000</b>				
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>449.900</b>				<b>184.01</b>			<b>1.000</b>
<b>Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):0.04</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Lung. Max</b>						<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>								<b>972.46</b>
Lunghezza massima (m)		83.99						
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>0.00</b>	<b>83.99</b>						
<b>Rettifilo in normativa</b>	<b>0.04</b>							
<b>Clotoide n°3 - Parametro A:600.000 - Lunghezza (m):200.00</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto</b>	<b>FF</b>			<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>								<b>972.50</b>
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)								100
Fattore di forma							1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000							
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	230.909							
Criterio ottico	600.000							
Criterio ottico			1800.000					
Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza					1.000			
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>600.000</b>	<b>1800.000</b>						
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>600.000</b>		<b>200.00</b>		<b>1.000</b>			
<b>Raccordo n°2 - Raggio (m):1800.00 - Lunghezza (m):504.23</b>	<b>Raggio Min</b>	<b>Raggio Max</b>	<b>Lung. Min</b>					<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>								<b>1172.50</b>
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)								100
Raggio minimo in funzione della velocità	118.11							
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			69.44					
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>118.11</b>		<b>69.44</b>					
<b>Raccordo in normativa</b>	<b>1800.00</b>		<b>504.23</b>					
<b>Clotoide n°4 - Parametro A:600.000 - Lunghezza (m):200.00</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto</b>	<b>FF</b>			<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>								<b>1676.73</b>
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)								100
Fattore di forma							1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000							
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	230.909							
Criterio ottico	600.000							
Criterio ottico			1800.000					
Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza					1.000			
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>600.000</b>	<b>1800.000</b>						
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>600.000</b>		<b>200.00</b>		<b>1.000</b>			
<b>Rettifilo n°3 - Lunghezza (m):1419.86</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Lung. Max</b>						<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>								<b>1876.73</b>
Lunghezza minima (m)	150.00							
Lunghezza massima (m)		2200.00						
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>150.00</b>	<b>2200.00</b>						
<b>Rettifilo in normativa</b>	<b>1419.86</b>							



**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 32 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

**Asse principale**  
**Verifica andamento planimetrico**

Velocità utilizzata per la verifica (km/h)								100
Raggio minimo in funzione della velocità	118.11							
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione					69.44			
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>118.11</b>				<b>69.44</b>			
<b>Raccordo in normativa</b>	<b>1000.00</b>				<b>387.28</b>			
<b>Clotoide n°8 - Parametro A:334.000 - Lunghezza (m):111.56</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto</b>	<b>FF</b>	<b>Parametri</b>		
<b>Progressiva</b>						<b>5334.82</b>		
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						100		
Fattore di forma						1.000		
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000							
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	191.842							
Criterio ottico	333.333							
Criterio ottico		1000.000						
Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza					1.000			
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>333.333</b>	<b>1000.000</b>						
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>334.000</b>		<b>111.56</b>			<b>1.000</b>		
<b>Rettilfo n°5 - Lunghezza (m):0.45</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Lung. Max</b>				<b>Parametri</b>		
<b>Progressiva</b>						<b>5446.37</b>		
Lunghezza massima (m)		58.64						
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>0.00</b>	<b>58.64</b>						
<b>Rettilfo in normativa</b>	<b>0.45</b>							
<b>Clotoide n°9 - Parametro A:399.000 - Lunghezza (m):176.89</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto</b>	<b>FF</b>	<b>Parametri</b>		
<b>Progressiva</b>						<b>5446.82</b>		
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						100		
Fattore di forma						1.000		
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000							
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	185.906							
Criterio ottico	300.000							
Criterio ottico		900.000						
Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza					1.000			
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>300.000</b>	<b>900.000</b>						
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>399.000</b>		<b>176.89</b>			<b>1.000</b>		
<b>Raccordo n°5 - Raggio (m):900.00 - Lunghezza (m):835.84</b>	<b>Raggio Min</b>	<b>Raggio Max</b>	<b>Lung. Min</b>			<b>Parametri</b>		
<b>Progressiva</b>						<b>5623.71</b>		
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						100		
Raggio minimo in funzione della velocità	118.11							
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilfo precedente	0.45							
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilfo successivo	4.50							
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione					69.44			
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>118.11</b>				<b>69.44</b>			
<b>Raccordo in normativa</b>	<b>900.00</b>				<b>835.84</b>			
<b>Clotoide n°10 - Parametro A:399.000 - Lunghezza (m):176.89</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto</b>	<b>FF</b>	<b>Parametri</b>		
<b>Progressiva</b>						<b>6459.55</b>		
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						100		
Fattore di forma						1.000		
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000							
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	185.906							
Criterio ottico	300.000							
Criterio ottico		900.000						
Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza					1.000			

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 33 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

 Asse principale  
 Verifica andamento planimetrico

Valori minimi/massimi da normativa	300.000	900.000					
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>399.000</b>		<b>176.89</b>			<b>1.000</b>	
<b>Rettifilo n°6 - Lunghezza (m):4.50</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Lung. Max</b>					<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>							<b>6636.44</b>
Lunghezza massima (m)		63.92					
Valori minimi/massimi da normativa	0.00	63.92					
<b>Rettifilo in normativa</b>	<b>4.50</b>						
<b>Clotoide n°11 - Parametro A:400.000 - Lunghezza (m):133.33</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto</b>	<b>FF</b>		<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>							<b>6640.95</b>
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)							100
Fattore di forma					1.000		
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000						
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	202.822						
Criterio ottico	400.000						
Criterio ottico		1200.000					
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza					1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	400.000	1200.000					
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>400.000</b>		<b>133.33</b>			<b>1.000</b>	
<b>Raccordo n°6 - Raggio (m):1200.00 - Lunghezza (m):127.96</b>	<b>Raggio Min</b>	<b>Raggio Max</b>	<b>Lung. Min</b>				<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>							<b>6774.28</b>
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)							100
Raggio minimo in funzione della velocità	118.11						
Raggio minimo calcolato rispetto al rettifilo successivo	223.80						
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			69.44				
Valori minimi/massimi da normativa	223.80		69.44				
<b>Raccordo in normativa</b>	<b>1200.00</b>		<b>127.96</b>				
<b>Clotoide n°12 - Parametro A:400.000 - Lunghezza (m):133.33</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto</b>	<b>FF</b>		<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>							<b>6902.25</b>
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)							100
Fattore di forma					1.000		
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000						
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	202.822						
Criterio ottico	400.000						
Criterio ottico		1200.000					
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza					1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	400.000	1200.000					
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>400.000</b>		<b>133.33</b>			<b>1.000</b>	
<b>Rettifilo n°7 - Lunghezza (m):223.80</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Lung. Max</b>					<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>							<b>7035.58</b>
Lunghezza minima (m)	150.00						
Lunghezza massima (m)		2200.00					
Valori minimi/massimi da normativa	150.00	2200.00					
<b>Rettifilo in normativa</b>	<b>223.80</b>						
<b>Clotoide n°13 - Parametro A:470.000 - Lunghezza (m):157.79</b>	<b>A Min</b>	<b>A Max</b>	<b>Lung. Min</b>	<b>Rapporto</b>	<b>FF</b>		<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>							<b>7259.38</b>
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)							100
Fattore di forma					1.000		
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000						
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	212.866						
Criterio ottico	466.667						

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 34 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

**Asse principale**  
**Verifica andamento planimetrico**

Criterio ottico Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza <b>Valori minimi/massimi da normativa</b> <b>Clotoide in normativa</b>	1400.000  466.667 <b>470.000</b>	1400.000  1400.000 <b>157.79</b>	1.000  1.000 <b>1.000</b>
<b>Raccordo n°7 - Raggio (m):1400.00 - Lunghezza (m):164.39</b> <b>Progressiva</b> Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione <b>Valori minimi/massimi da normativa</b> <b>Raccordo in normativa</b>	Raggio Min 118.11 118.11 <b>1400.00</b>	Raggio Max 69.44 69.44 <b>164.39</b>	Lung. Min Parametri <b>7417.16</b> 100
<b>Clotoide n°14 - Parametro A:470.000 - Lunghezza (m):157.79</b> <b>Progressiva</b> Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli Criterio ottico Criterio ottico Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza <b>Valori minimi/massimi da normativa</b> <b>Clotoide in normativa</b>	A Min 210.000 212.866 466.667 1400.000 466.667 <b>470.000</b>	A Max 1400.000 1400.000 <b>157.79</b>	Lung. Min Rapporto FF Parametri <b>7581.55</b> 100 1.000
<b>Rettilfo n°8 - Lunghezza (m):371.76</b> <b>Progressiva</b> Lunghezza minima (m) Lunghezza massima (m) <b>Valori minimi/massimi da normativa</b> <b>Rettilfo in normativa</b>	Lung. Min 150.00 150.00 <b>371.76</b>	Lung. Max 2200.00 2200.00	Parametri <b>7739.33</b>
<b>Clotoide n°15 - Parametro A:335.000 - Lunghezza (m):112.22</b> <b>Progressiva</b> Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli Criterio ottico Criterio ottico Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza <b>Valori minimi/massimi da normativa</b> <b>Clotoide in normativa</b>	A Min 210.000 191.842 333.333 1000.000 333.333 <b>335.000</b>	A Max 1400.000 1000.000 <b>112.22</b>	Lung. Min Rapporto FF Parametri <b>8111.10</b> 100 1.000
<b>Raccordo n°8 - Raggio (m):1000.00 - Lunghezza (m):555.42</b> <b>Progressiva</b> Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità Raggio minimo calcolato rispetto al rettilfo successivo Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione <b>Valori minimi/massimi da normativa</b> <b>Raccordo in normativa</b>	Raggio Min 118.11 400.00 400.00 <b>1000.00</b>	Raggio Max 69.44 69.44 <b>555.42</b>	Lung. Min Parametri <b>8223.32</b> 100
<b>Clotoide n°16 - Parametro A:335.000 - Lunghezza (m):112.22</b> <b>Progressiva</b> Velocità utilizzata per la verifica (km/h)	A Min A Max Lung. Min Rapporto FF Parametri	112.22 1.000 <b>8778.74</b>	100

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 35 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

**Asse principale**  
**Verifica andamento planimetrico**

Fattore di forma								1.000
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	210.000							
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	191.842							
Criterio ottico	333.333							
Criterio ottico			1000.000					
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$ . A1/A2 in tolleranza						1.000		
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>333.333</b>		<b>1000.000</b>					
<b>Clotoide in normativa</b>	<b>335.000</b>				<b>112.22</b>			<b>1.000</b>
<b>Rettifilo n°9 - Lunghezza (m):472.78</b>		<b>Lung. Min</b>		<b>Lung. Max</b>				<b>Parametri</b>
<b>Progressiva</b>								<b>8890.96</b>
Lunghezza minima (m)	150.00							
Lunghezza massima (m)			2200.00					
<b>Valori minimi/massimi da normativa</b>	<b>150.00</b>		<b>2200.00</b>					
<b>Rettifilo in normativa</b>	<b>472.78</b>							

## 5.2 VERIFICA ANDAMENTO ALTIMETRICO

La verifica di conformità alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001 dell'andamento altimetrico, condotta per ciascuna direzione di marcia (direzione progressive crescenti "Cerreto d'Esì-Matelica" e direzione progressive decrescenti "Matelica-Cerreto d'Esì"), è riportata nelle tabelle seguenti.

**Asse principale**

**Verifica andamento altimetrico - direzione progressive crescenti (Cerreto d'Esì-Matelica)**

Livellotta 1					
		<b>i [u.a.]</b>	<b>imax [u.a.]</b>	<b>Esito verifica</b>	
		-0,00097	0,07	soddisfatta	
Raccordo 1-2 (convesso)					
<b>Verifica comfort</b>					
		<b>V [km/h]</b>	<b>Rmin-comf [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
		100	1290	8000	soddisfatta
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
		<b>V [km/h]</b>	<b>imed [u.a.]</b>	<b>Da [m]</b>	
		100	-0,01144	168,83	
<b>Δi [u.a.]</b>	<b>Δi* [u.a.]</b>	<b>Rmin-vis arr [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Dv [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
-0,02092	0,02207	7626	8000	172,75	soddisfatta
Livellotta 2					
		<b>i [u.a.]</b>	<b>imax [u.a.]</b>	<b>Esito verifica</b>	
		-0,02190	0,07	soddisfatta	
Raccordo 2-3 (concavo)					
<b>Verifica comfort</b>					

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 36 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	5000	soddisfatta
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
		V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]	
		100	-0,02190	172,81	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,01170	0,04069	0	5000	-146,25	soddisfatta
<b>Livellotta 3</b>					
		i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica	
		-0,01020	0,07	soddisfatta	
<b>Raccordo 3-4 (concavo)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	10000	soddisfatta
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
		V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]	
		100	-0,01020	168,38	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,04053	0,04085	4122	10000	377,59	soddisfatta
<b>Livellotta 4</b>					
		i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica	
		0,03033	0,07	soddisfatta	
<b>Raccordo 4-5 (convesso)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	50000	soddisfatta
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
		V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]	
		100	0,01128	161,04	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
-0,01905	0,02314	6638	50000	574,04	soddisfatta
<b>Livellotta 5</b>					
		i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica	
		0,01128	0,07	soddisfatta	
<b>Raccordo 5-6 (convesso)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	20000	soddisfatta
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
		V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]	
		100	0,01128	161,04	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,03588	0,02314	6959	20000	273,01	soddisfatta
<b>Livellotta 6</b>					
		i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica	
		0,00900	0,07	soddisfatta	
<b>Raccordo 6-7 (concavo)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	4440	soddisfatta

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 37 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
V [km/h]		imin [u.a.]		Da [m]	
100		0,00900		161,78	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	<b>Rmin-vis arr [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Dv [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
0,03816	0,04109	3914	4440	180,26	soddisfatta
<b>Livellotta 7</b>					
		i [u.a.]		imax [u.a.]	
		0,04717		0,07	
<b>Raccordo 7-8 (convesso)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
V [km/h]		Rmin-comf [m]		R [m]	
100		1290		10100	
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
V [km/h]		imin [u.a.]		Da [m]	
100		-0,04925		184,63	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	<b>Rmin-vis arr [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Dv [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
-0,09642	0,02018	9147	10100	194,01	soddisfatta
<b>Livellotta 8</b>					
		i [u.a.]		imax [u.a.]	
		-0,04925		0,07	
<b>Raccordo 8-9 (concavo)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
V [km/h]		Rmin-comf [m]		R [m]	
100		1290		4475	
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
V [km/h]		imed [u.a.]		Da [m]	
100		-0,02579		174,36	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	<b>Rmin-vis arr [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Dv [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
0,04692	0,04064	4290	4475	180,94	soddisfatta
<b>Livellotta 9</b>					
		i [u.a.]		imax [u.a.]	
		-0,00233		0,07	
<b>Raccordo 9-10 (concavo)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
V [km/h]		Rmin-comf [m]		R [m]	
100		1290		15000	
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
V [km/h]		imin [u.a.]		Da [m]	
100		-0,01499		170,16	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	<b>Rmin-vis arr [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Dv [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
-0,01266	0,04078	0	15000	-355,39	soddisfatta
<b>Livellotta 10</b>					
		i [u.a.]		imax [u.a.]	
		-0,01499		0,07	
<b>Raccordo 10-11 (convesso)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
V [km/h]		Rmin-comf [m]		R [m]	
100		1290		5000	
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
V [km/h]		imin [u.a.]		Da [m]	
100		-0,01499		170,16	

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 38 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,02963	0,02190	7769	5000	136,50	non soddisfatta
Livelletta 11					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica
			0,01463	0,07	soddisfatta
Raccordo 11-12 (convesso)					
<i>Verifica comfort</i>					
	V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica	
	100	1290	7400	soddisfatta	
<i>Verifica visibilità per l'arresto</i>					
	V [km/h]		imed [u.a.]	Da [m]	
	100		0,00440	163,29	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
-0,02048	0,02282	7061	7400	166,76	soddisfatta
Livelletta 12					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica
			-0,00584	0,07	soddisfatta
Raccordo 12-13 (concavo)					
<i>Verifica comfort</i>					
	V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica	
	100	1290	8650	soddisfatta	
<i>Verifica visibilità per l'arresto</i>					
	V [km/h]		imin [u.a.]	Da [m]	
	100		-0,07000	195,28	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
-0,06416	0,04003	4879	8650	328,29	soddisfatta
Livelletta 13					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica
			-0,07000	0,07	soddisfatta
Raccordo 13-14 (concavo)					
<i>Verifica comfort</i>					
	V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica	
	100	1290	5000	soddisfatta	
<i>Verifica visibilità per l'arresto</i>					
	V [km/h]		imin [u.a.]	Da [m]	
	100		-0,07000	195,28	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,05000	0,04003	4879	5000	199,58	soddisfatta
Livelletta 14					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica
			-0,02000	0,07	soddisfatta
Raccordo 14-15 (concavo)					
<i>Verifica comfort</i>					
	V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica	
	100	1290	10000	soddisfatta	
<i>Verifica visibilità per l'arresto</i>					
	V [km/h]		imin [u.a.]	Da [m]	
	100		-0,02000	172,07	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,02300	0,04072	1716	10000	567,27	soddisfatta

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 39 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

Livellotta 15			
	i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica
	0,00300	0,07	soddisfatta

### Asse principale

Verifica andamento altimetrico - direzione progressive decrescenti (Matelica-Cerreto d'Es)

Livellotta 1					
	i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica		
	0,00097	0,07	soddisfatta		
Raccordo 1-2 (convesso)					
<i>Verifica comfort</i>					
	V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica	
	100	1290	8000	soddisfatta	
<i>Verifica visibilità per l'arresto</i>					
	V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]		
	100	0,00097	164,44		
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,02092	0,02266	7206	8000	172,75	soddisfatta
Livellotta 2					
	i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica		
	0,02190	0,07	soddisfatta		
Raccordo 2-3 (concavo)					
<i>Verifica comfort</i>					
	V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica	
	100	1290	5000	soddisfatta	
<i>Verifica visibilità per l'arresto</i>					
	V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]		
	100	0,01020	161,39		
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
-0,01170	0,04110	0	5000	-146,25	soddisfatta
Livellotta 3					
	i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica		
	0,01020	0,07	soddisfatta		
Raccordo 3-4 (concavo)					
<i>Verifica comfort</i>					
	V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica	
	100	1290	10000	soddisfatta	
<i>Verifica visibilità per l'arresto</i>					
	V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]		
	100	-0,03033	176,22		
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
-0,04053	0,04058	4342	10000	377,59	soddisfatta
Livellotta 4					
	i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica		
	-0,03033	0,07	soddisfatta		
Raccordo 4-5 (convesso)					
<i>Verifica comfort</i>					
	V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica	
	100	1290	50000	soddisfatta	
<i>Verifica visibilità per l'arresto</i>					
	V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]		

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 40 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

100		-0,03033		176,22	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,01905	0,02115	8232	50000	574,04	soddisfatta
Livellotta 5					
		i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica	
		-0,01128	0,07	soddisfatta	
Raccordo 5-6 (convesso)					
Verifica comfort					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	20000	soddisfatta
Verifica visibilità per l'arresto					
		V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]	
		100	-0,04717	182,64	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
-0,03588	0,02040	8951	20000	273,01	soddisfatta
Livellotta 6					
		i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica	
		-0,00900	0,07	soddisfatta	
Raccordo 6-7 (concavo)					
Verifica comfort					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	4440	soddisfatta
Verifica visibilità per l'arresto					
		V [km/h]	imed [u.a.]	Da [m]	
		100	-0,02808	175,29	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
-0,03816	0,04061	4299	4440	180,26	soddisfatta
Livellotta 7					
		i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica	
		-0,04717	0,07	soddisfatta	
Raccordo 7-8 (convesso)					
Verifica comfort					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	10100	soddisfatta
Verifica visibilità per l'arresto					
		V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]	
		100	-0,04717	183,65	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,09642	0,02029	9050	10100	194,01	soddisfatta
Livellotta 8					
		i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica	
		0,04925	0,07	soddisfatta	
Raccordo 8-9 (concavo)					
Verifica comfort					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	4475	soddisfatta

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 41 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
V [km/h]		imin [u.a.]		Da [m]	
100		0,00233		163,98	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	<b>Rmin-vis arr [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Dv [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
0,02767	0,04059	3070	4475	216,63	soddisfatta
<b>Livelletta 9</b>					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	<b>Esito verifica</b>
			0,00233	0,07	soddisfatta
<b>Raccordo 9-10 (concavo)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
V [km/h]		Rmin-comf [m]	R [m]	<b>Esito verifica</b>	
100		1290	15000	soddisfatta	
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
V [km/h]		imin [u.a.]		Da [m]	
100		0,00233		163,98	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	<b>Rmin-vis arr [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Dv [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
0,01266	0,04100	0	15000	-355,39	soddisfatta
<b>Livelletta 10</b>					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	<b>Esito verifica</b>
			0,01499	0,07	soddisfatta
<b>Raccordo 10-11 (convesso)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
V [km/h]		Rmin-comf [m]	R [m]	<b>Esito verifica</b>	
100		1290	5000	soddisfatta	
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
V [km/h]		imin [u.a.]		Da [m]	
100		-0,01463		170,02	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	<b>Rmin-vis arr [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Dv [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
-0,02963	0,02192	7757	5000	136,50	non soddisfatta
<b>Livelletta 11</b>					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	<b>Esito verifica</b>
			-0,01463	0,07	soddisfatta
<b>Raccordo 11-12 (convesso)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
V [km/h]		Rmin-comf [m]	R [m]	<b>Esito verifica</b>	
100		1290	7400	soddisfatta	
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
V [km/h]		imed [u.a.]		Da [m]	
100		-0,00440		166,30	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	<b>Rmin-vis arr [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>Dv [m]</b>	<b>Esito verifica</b>
0,02048	0,02241	7355	7400	166,76	soddisfatta
<b>Livelletta 12</b>					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	<b>Esito verifica</b>
			0,00584	0,07	soddisfatta
<b>Raccordo 12-13 (concavo)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 42 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	8650	soddisfatta
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
		V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]	
		100	0,00584	162,81	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
0,06416	0,04105	3966	8650	328,29	soddisfatta
<b>Livelletta 13</b>					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica
			0,07000	0,07	soddisfatta
<b>Raccordo 13-14 (concavo)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	5000	soddisfatta
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
		V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]	
		100	0,02000	158,32	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
-0,05000	0,04122	3841	5000	199,58	soddisfatta
<b>Livelletta 14</b>					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica
			0,02000	0,07	soddisfatta
<b>Raccordo 14-15 (concavo)</b>					
<b>Verifica comfort</b>					
		V [km/h]	Rmin-comf [m]	R [m]	Esito verifica
		100	1290	10000	soddisfatta
<b>Verifica visibilità per l'arresto</b>					
		V [km/h]	imin [u.a.]	Da [m]	
		100	-0,00300	165,81	
$\Delta i$ [u.a.]	$\Delta i^*$ [u.a.]	Rmin-vis arr [m]	R [m]	Dv [m]	Esito verifica
-0,02300	0,04094	1585	10000	567,27	soddisfatta
<b>Livelletta 15</b>					
			i [u.a.]	imax [u.a.]	Esito verifica
			-0,00300	0,07	soddisfatta

Nelle tabelle sono state utilizzate le seguenti abbreviazioni:

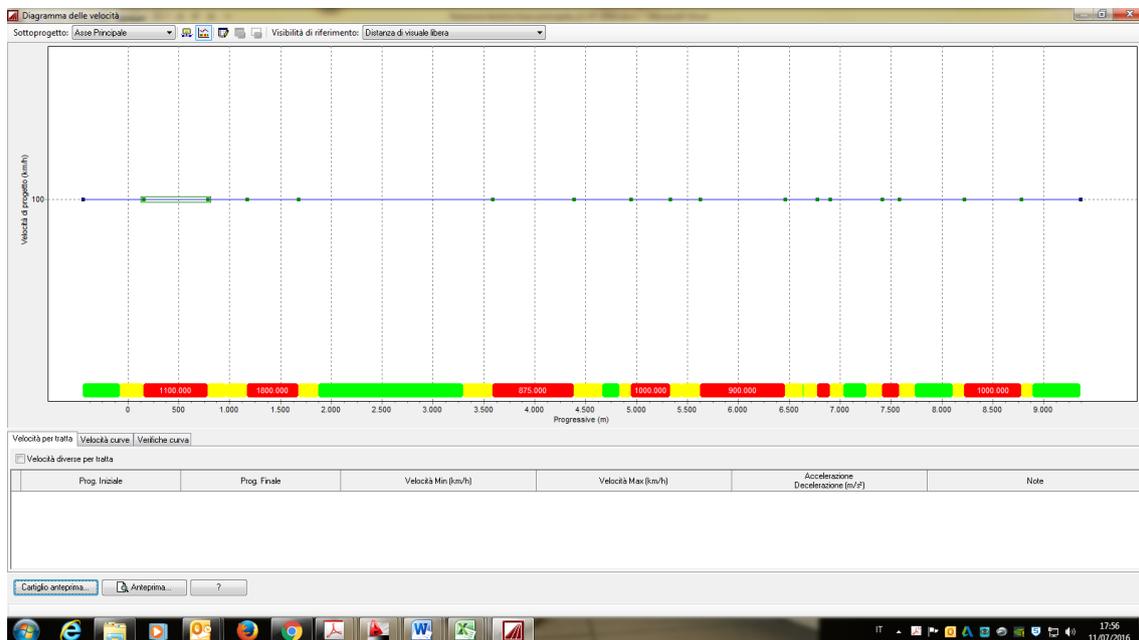
- Per ogni livelletta, “ $i$ ” è la pendenza, “ $i_{max}$ ” è la massima pendenza prescritta, “Esito verifica” è l’esito della verifica di conformità.
- Per ogni raccordo parabolico, “ $V$ ” è il valore della velocità di progetto impiegato per la verifica del raccordo, “ $R_{min-comf}$ ” è il raggio altimetrico minimo per la verifica relativa al comfort, “ $R$ ” è il raggio altimetrico del raccordo, “ $i_{min}$ ” è la pendenza minima tra i valori di pendenza a monte ed a valle del raccordo, “ $i_{med}$ ” è la media tra i valori di pendenza a monte ed a valle del raccordo, “ $D_a$ ” è la distanza di visuale libera richiesta per l’arresto lungo il raccordo; “ $\Delta i$ ” è la differenza tra le pendenze delle livellette a monte ed a valle del raccordo, “ $\Delta i^*$ ” è la variazione di pendenza tra le livellette per la quale si ha un raccordo di sviluppo pari a  $D_a$ , “ $R_{min vis arr}$ ” è il raggio altimetrico minimo per assicurare

lungo il raccordo una distanza di visuale libera pari a  $D_a$ , “ $R$ ” è il raggio altimetrico del raccordo, “ $D_v$ ” è la distanza di visuale libera disponibile lungo il raccordo, “*Esito verifica*” è l’esito della verifica di conformità.

Dalle tabelle si evince che, sia per le livellette che per i raccordi parabolici, la verifica è soddisfatta.

### 5.3 VERIFICA DIAGRAMMA DI VELOCITA'

Il diagramma delle velocità, redatto conformemente al modello di cui al D.M. 05/11/2001 (par. 4.3) è illustrato nella figura seguente.



L’andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell’asse stradale è costituito da una funzione di valore costante pari a 100 km/h,. Risultano pertanto, soddisfatte le condizioni richieste dalla normativa per l’esame del diagramma di velocità.

Al fine di garantire adeguate condizioni di sicurezza, si prevede una limitazione alla massima velocità di percorrenza dell’infrastruttura attraverso l’introduzione di un limite amministrativo di 90 km/h mediante opportuna segnaletica verticale di prescrizione.

### 5.4 VERIFICA DISTANZE DI VISUALE LIBERA

Con riferimento all’andamento altimetrico, la verifica delle distanze di visuale libera è riportata al par. 5.2.

Con riferimento all’andamento planimetrico, la verifica delle distanze di visuale libera è stata condotta verificando che lungo le curve circolari in destra sia garantita la distanza di visuale libera richiesta per

l'arresto.

La verifica, condotta per ciascuna direzione di marcia, ha evidenziato la necessità di operare, lungo alcune curve circolari, ampliamenti della carreggiata al fine di rendere congruenti le distanze di visuale libera con le distanze di visibilità richieste.

I risultati della verifica sono riportati nella tabella seguente.

**Asse principale**  
**Verifica distanze di visuale libera**

**Verifica distanza di arresto**

Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	R [m]	V [km/h]	i [u.a.]	Da [m]	B [m]	b [m]	R' [m]	$\Delta$ [m]	Dv [m]	$\delta_{min}$ [m]	$\delta$ [m]	Dv $\delta$ [m]	Esito verifica	Progr. in. [m]
153,62	788,45	1100	100	0,35	-0,01020	<b>168,38</b>	3,75	1,50	1098,125	3,38	172,23	0,00	0,00	172,23	soddisfatta
1172,50	1676,73	1800	100	0,35	-0,03034	<b>176,23</b>	3,75	1,50	1798,125	3,38	220,37	0,00	0,00	220,37	soddisfatta
3582,30	4382,07	875	100	0,35	-0,00900	167,95	3,75	1,50	873,125	3,38	153,59	0,66	<b>0,70</b>	168,78	soddisfatta
4947,54	5334,82	1000	100	0,35	0,00104	164,42	3,75	1,50	998,125	3,38	164,21	0,00	0,00	164,91	soddisfatta
5623,71	6459,55	900	100	0,35	-0,01500	170,16	3,75	1,50	898,125	3,38	155,77	0,65	<b>0,65</b>	170,16	soddisfatta
6774,28	6902,25	1200	100	0,35	0,00000	164,78	3,75	1,50	1198,125	3,38	179,90	0,00	0,00	179,90	soddisfatta
7417,16	7581,55	1400	100	0,35	0,07000	145,01	3,75	1,50	1398,125	3,38	194,33	0,00	0,00	194,33	soddisfatta
8223,32	8778,74	1000	100	0,35	-0,02000	172,07	3,75	1,50	998,125	3,38	164,21	0,33	<b>0,35</b>	172,52	soddisfatta

La notazione utilizzata in tabella, con riferimento a ciascuna curva circolare, è la seguente:

- Progr. in. = progressiva iniziale;
- Progr. fin. = progressiva finale;
- R = raggio di curvatura in asse alla carreggiata;
- V = velocità;
- i = pendenza longitudinale;
- Da = distanza di visuale libera richiesta per l'arresto (cfr. par. 4.4);
- B = larghezza della corsia;
- b = larghezza della banchina;
- R' = raggio della curva in asse alla corsia;
- $\Delta$  = distanza tra l'asse della corsia ed il margine esterno della banchina;
- Dv = distanza di visuale libera disponibile lungo la curva (cfr. par. 4.4);
- $\delta_{min}$  = allargamento necessario;
- $\delta$  = allargamento disponibile;
- Dv $\delta$  = distanza di visuale libera disponibile in corrispondenza dell'allargamento disponibile.

Dalla tabella si evince che, essendo  $\delta \geq \delta_{\min}$ , la verifica è soddisfatta.

Gli allargamenti  $\delta$  sono stati inseriti, ove necessario, lungo le curve circolari. Lungo gli elementi di transizione delle curve circolari, sono stati previsti allargamenti con valori variabili linearmente dal valore massimo in curva al valore nullo in rettilineo.

Per quanto riguarda la verifica relativa alle distanze di visuale libera richieste per il sorpasso  $D_s$ , non esplicitata, si rileva che lungo i raccordi circolari planimetrici è assicurata una visuale libera disponibile  $D_v$  tale che  $D_v < D_s$ .

È stata condotta, inoltre, la verifica delle distanze di visuale libera considerando l'andamento plano-altimetrico del tracciato attraverso un modello tridimensionale. Il modello tridimensionale adottato ai fini della verifica ha tenuto conto degli allargamenti  $\delta$  di cui sopra ed ha previsto una sezione trasversale semplificata avente come ostacolo alla visibilità un elemento verticale di altezza pari a 1,10 m in corrispondenza del limite esterno della banchina.

La verifica delle distanze di visuale libera considerando l'andamento plano-altimetrico del tracciato attraverso il modello tridimensionale utilizzato è dettagliata negli specifici elaborati "Diagrammi di visuale libera e velocità".

Da tali elaborati, a cui si rimanda per i dettagli, si evince che, in conformità alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001, lungo l'intero tracciato risulta assicurata, per entrambe le direzioni di marcia, una distanza di visuale libera superiore alla visuale libera richiesta per l'arresto, mentre sono presenti tratti con visuali libere disponibili inferiori a quelle richieste per il sorpasso.

Nei tratti di carenza di visibilità per il sorpasso, si prevede l'interdizione di tale manovra attraverso segnaletica verticale di prescrizione.

## 6. SOVRASTRUTTURA STRADALE

Coerentemente a quanto previsto nel Progetto Definitivo, per l'infrastruttura in progetto sono state adottate le seguenti configurazioni della sovrastruttura stradale (asse principale, viabilità secondaria e rampe di svincolo).

### SOVRASTRUTTURA STRADALE ASSE PRINCIPALE

Asse principale -- tratti in rilevato e trincea		
strato	materiale	spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	4
collegamento	conglomerato bituminoso	4
base	conglomerato bituminoso	8
fondazione	misto cementato	20
sottofondazione	misto granulare	20
56		
Asse principale -- tratti in galleria		
strato	materiale	spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	4
collegamento	conglomerato bituminoso	4
base	conglomerato bituminoso	8
sottofondazione	misto granulare	variabile
variabile		

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 46 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

**Asse principale -- tratti in viadotto**

strato	materiale	spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	4
collegamento	conglomerato bituminoso	4
impermeabilizzazione	leganti cementizi con polimeri	1
		9

**SOVRASTRUTTURA STRADALE VIABILITA' SECONDARIA**
**Viabilità secondaria -- tratti in rilevato e trincea**

strato	materiale	spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	3
collegamento	conglomerato bituminoso	4
base	conglomerato bituminoso	15
fondazione	misto cementato	25
		47

**Viabilità secondaria -- tratti in sottovia**

strato	materiale	spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	3
collegamento	conglomerato bituminoso	4
base	conglomerato bituminoso	15
fondazione	riempimento con materiale da cava	variabile
		variabile

**SOVRASTRUTTURA STRADALE RAMPE DI SVINCOLO**
**Rampe di svincolo -- tratti in rilevato e trincea**

strato	materiale	spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	3
collegamento	conglomerato bituminoso	4
base	conglomerato bituminoso	15
fondazione	misto cementato	25
		47

**Rampe di svincolo -- tratti in cavalcavia**

strato	materiale	spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	4
collegamento	conglomerato bituminoso	4
impermeabilizzazione	leganti cementizi con polimeri	1
		9

**Rampe di svincolo-- tratti in sottovia**

strato	materiale	spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	3
collegamento	conglomerato bituminoso	4
base	conglomerato bituminoso	15
fondazione	riempimento con materiale da cava	variabile
		variabile

## 6.1 VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA

### 6.1.1 Metodo di calcolo

Le sovrastrutture sono state verificate impiegando la procedura proposta dalla "AASHTO GUIDE". Tale procedura prevede l'impiego dell'algoritmo di calcolo dell' "AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES" basato sui risultati sperimentali dell'AASHTO e pubblicato dall' "American Association of State Highway and Transportation Officials".

Il metodo è empirico-statistico, cioè basato su osservazioni sperimentali dei parametri presi in considerazione, i quali sono opportunamente correlati da funzioni di regressione in modo che i legami funzionali siano corretti.

Questo procedimento consiste nel determinare il numero di assi standard (8,2 t) che la pavimentazione può sopportare, raggiungendo un fissato grado di ammaloramento finale (PSIf).

Tale valore è funzione di vari parametri quali le caratteristiche meccaniche dei materiali, gli spessori dei vari strati della pavimentazione, la portanza del sottofondo, il grado di ammaloramento finale che la pavimentazione può raggiungere, la probabilità che la pavimentazione resista al traffico transitante.

Il valore corrispondente al numero di assi standard (8,2 t) che la pavimentazione può sopportare, raggiungendo un fissato grado di ammaloramento finale (PSIf) deve essere confrontato con il traffico commerciale (veicoli con carico per asse o set di assi superiore a 10 kN) che si stima passerà durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più carica (si dimensiona la corsia più carica, non essendo il traffico pesante equiripartito tra le corsie).

Per ottenere il numero di veicoli commerciali che transiteranno sulla corsia più carica della pavimentazione durante la vita utile, occorre conoscere il traffico giornaliero medio, la percentuale di veicoli pesanti, la suddivisione del traffico pesante tra le corsie ed il tasso di incremento annuo del traffico.

Poiché il traffico commerciale transitante si differenzia per il numero di assi, per il carico degli assi e per la tipologia, è necessario determinare il numero di assi standard equivalenti, ovvero il numero di assi standard che determinano, alla pavimentazione, lo stesso danno provocato dagli assi dei veicoli reali. A tal fine è necessario stabilire, preliminarmente, l'equivalenza tra assi commerciali reali ed assi standard da 8,2 t sulla base degli spettri di traffico corrispondenti al tipo di strada in esame.

La verifica consiste nel controllare che il numero di assi standard da 8,2 t che la pavimentazione può sopportare ( $W_{18}$ ) sia maggiore del numero di assi commerciali reali equivalenti ad assi standard ( $N_{8,2}$ ) che si stima passerà durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più carica.

La relazione per il calcolo del traffico sopportabile in termini di assi standard equivalenti da 8,2 t delle pavimentazioni flessibili è la seguente, in cui  $W_{18}$  è il numero di passaggi di assi singoli equivalenti da 18 Kpounds (8,2 t o 80 KN) sopportabile dalla sovrastruttura.

$$\text{Log}W_{18} = Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot (\log(SN + 1)) - 0.20 + \frac{\log(PSI_{in} - PSI_{fn})}{0.40 + \frac{4.2 - 1.5}{1094}} + 2.32 \cdot \log M_r - 8.07$$

Nel seguito è riportato il significato dei vari parametri della formula ed i relativi valori.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 48 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

 **$Z_r$  (valore della variabile standardizzata legata all'affidabilità R)**

$Z_r$  è il valore della variabile standardizzata legata all'affidabilità R (che è la probabilità che il numero di ripetizioni di carico  $N_{Tmax}$  tali che  $PSI=PSI_{fin}$  sia maggiore o uguale al numero di ripetizioni di carico  $N_T$  realmente applicati alla sovrastruttura).

Per le Strade Extraurbane Secondarie è consigliato un valore di affidabilità pari a  $R=90\%$  in corrispondenza del quale la variabile standardizzata assume il valore  $Z_r = -1,282$ .

 **$S_0$  (deviazione standard)**

$S_0$  è la deviazione standard che tiene conto dell'errore che si commette nelle previsioni dei volumi di traffico e delle prestazioni della pavimentazione.

Per le pavimentazioni flessibili assume un valore compreso tra 0,40 e 0,50 quando si tiene conto dell'errore che si commette sia sul traffico sia sulla prestazione prevista per una data pavimentazione.

**PSI (Present Serviceability Index)**

Il parametro PSI (Present Serviceability Index), definisce lo stato limite, ovvero il grado di efficienza della pavimentazione, ed esprime la misura della idoneità di questa ad assicurare la sicurezza della circolazione e le condizioni di confort per gli utenti. Il PSI assume valori numerici compresi tra 0 (strada in pessime condizioni) e 5 (strada in ottime condizioni).

Il grado di efficienza ritenuto generalmente accettabile per le strade Extraurbane Secondarie, prima che si rendano necessari radicali interventi sulla pavimentazione, è relativo ad un valore  $PSI_{fin}= 2,5$ .

Per il grado di efficienza iniziale viene assunto un valore  $PSI_{iniz}= 4,2$  poiché si tiene conto delle inevitabili imperfezioni costruttive.

 **$M_r$  (modulo resiliente del sottofondo)**

Il modulo resiliente del sottofondo  $M_r$  [psi] tiene conto della portanza del sottofondo.

Il modulo resiliente è un modulo dinamico che considera il comportamento viscoelastico del materiale costituente il sottofondo. In mancanza di misure dirette, per la determinazione del modulo resiliente può essere utilizzata la seguente correlazione con l'indice CBR:

$$M_r = 1500 * CBR$$

L'indice CBR è correlato al modulo di deformazione  $M_d$  [MPa] derivante da prove di carico su piastra attraverso la correlazione:

$$CBR=0.2 * M_d$$

E' stato adottato un valore del modulo di deformazione  $M_d = 50$  MPa (pari al valore minimo prescritto dai capitolati ANAS in corrispondenza del piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale sia in rilevato sia in trincea)

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 49 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

### SN (structural number)

Lo structural number SN [poll] tiene conto della “resistenza strutturale” della pavimentazione ed è funzione degli spessori degli strati  $s_i$ , della “resistenza” dei materiali impiegati rappresentata, attraverso i “coefficienti strutturali di strato”  $a_i$ , e della loro sensibilità all’acqua rappresentata attraverso i “coefficienti di drenaggio”  $m_i$ . L’espressione analitica dello structural number è:

$$SN = s_1 * a_1 * m_1 + s_2 * a_2 * m_2 + \dots + s_n * a_n * m_n$$

Nell’espressione,  $s_1, s_2, \dots, s_n$  sono gli spessori degli strati della pavimentazione,  $a_1, a_2, \dots, a_n$  sono i coefficienti strutturali degli strati,  $m_1, m_2, \dots, m_n$  sono i coefficienti di drenaggio.

I coefficienti strutturali ed i coefficienti di drenaggio, desunti sulla base dei nomogrammi dell’AASHTO, dipendono dal materiale. I valori di riferimento per materiali tradizionali sono i seguenti:

- $a_{usura} = 0,28$
- $a_{binder} = 0,40$
- $a_{base} = 0,28$
- $a_{misto\ granulare} = 0,11$
- $m_{strati\ legati\ con\ bitume} = 1$
- $m_{misto\ granulare} = 0,95$

### 6.1.2 Calcolo del traffico in assi standard equivalenti

Come riportato nel par. 6.1.1, il valore corrispondente al numero di assi standard (8,2 t) che la pavimentazione può sopportare, raggiungendo un fissato grado di ammaloramento finale ( $PSI_f$ ) deve essere confrontato con il traffico commerciale (veicoli con carico per asse o set di assi superiore a 10 kN) che si stima passerà durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più carica (si dimensiona la corsia più carica, non essendo il traffico pesante equiripartito tra le corsie).

Per ottenere il numero di veicoli commerciali  $T_n$  che transiteranno sulla corsia più carica della pavimentazione durante la vita utile, occorre conoscere il traffico giornaliero medio (TGM), la percentuale di veicoli pesanti (%Pes), la suddivisione del traffico pesante tra le corsie ed il tasso di incremento annuo del traffico ( $r$ ).

I valori assunti dai parametri TGM, %Pes e  $r$  sono stati desunti dall’ “Analisi trasportistica” di cui al Cap. 5 del *Quadro di Riferimento Progettuale dello Studio di Impatto Ambientale del Progetto Preliminare*.

In particolare, per la definizione del TGM e della %Pes sono stati considerati i valori contenuti nella Tab. 5.8e (contenente i flussi giornalieri dei veicoli leggeri e pesanti in tutte le tratte della “Pedemontana”) del *Quadro di Riferimento Progettuale dello Studio di Impatto Ambientale del Progetto Preliminare* di cui nel seguito si riporta stralcio con riferimento alle tratte relative al “secondo stralcio funzionale” oggetto del presente progetto.

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 50 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

Matelica Nord - Esanatoglia	13.302	2.283	16.211	2.923	18.723	3.528
Rampa Matelica Ovest - Esanatoglia	5.544	270	6.620	346	7.463	413
Esanatoglia - Matelica Sud	9.490	2.222	11.660	2.844	13.590	3.433
Rampa Matelica Sud	3.558	790	4.286	1.010	4.861	1.207
Matelica Sud - Castelraimondo Nord	12.426	2.944	15.172	3.768	17.567	4.537
Rampa Castelraimondo Nord	7.610	2.013	9.229	2.577	10.601	3.081
Collegamento SS 361	6.149	1.258	7.491	1.611	8.653	1.926

CASTELRAIMONDO NORD - CASTELRAIMONDO SUD	6.868	1.309	8.396	1.674	9.808	2.034
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------

A partire dai valori di cui sopra, sono stati determinati i flussi giornalieri medi complessivi (TGM) e la %Pes. I valori ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Tratta	Anno 2008				Anno 2018				Anno 2028			
	TGM legg [veicoli/giorno]	TGM pes [veicoli/giorno]	TGM tot [veicoli/giorno]	%Pes	TGM legg [veicoli/giorno]	TGM pes [veicoli/giorno]	TGM tot [veicoli/giorno]	%Pes	TGM legg [veicoli/giorno]	TGM pes [veicoli/giorno]	TGM tot [veicoli/giorno]	%Pes
Matelica Nord-Esanatoglia	13302	2283	15585	15%	16211	2923	19134	15%	18723	3528	22251	16%
Rampa Matelica Ovest-Esanatoglia	5544	270	5814	5%	6620	346	6966	5%	7463	413	7876	5%
Esanatoglia-Matelica Sud	9490	2222	11712	19%	11660	2844	14504	20%	13590	3433	17023	20%
Rampa Matelica Sud	3558	790	4348	18%	4286	1010	5296	19%	4861	1207	6068	20%

Matelica Sud-Castelraimondo Nord	12426	2944	15370	19%	15172	3768	<b>18940</b>	<b>20%</b>	17567	4537	22104	21%
Rampa Castelraimondo Nord	7610	2013	9623	21%	9229	2577	11806	22%	10601	3081	13682	23%
Collegamento SS 361	6149	1258	7407	17%	7491	1611	<b>9102</b>	<b>18%</b>	8653	1926	10579	18%
Castelraimondo Nord-Castelraimondo Sud	6868	1309	8177	16%	8396	1674	10070	17%	9808	2034	11842	17%

Per la quantificazione del tasso di incremento annuo del traffico (r) sono stati presi in considerazione i valori dei tassi di crescita annui della domanda di trasporto riportati nella Tab. 5.6a del *Quadro di Riferimento Progettuale dello Studio di Impatto Ambientale del Progetto Preliminare*

	Passeggeri	Merchi	Università	Polo industriale
2002 – 2008	1,8%	2,5%	3%	5%
2008 – 2018	1,8%	2,5%	1,8%	2,5%
2018 – 2028	1,2%	1,8%	1,2%	1,8%

Il numero di passaggi di veicoli commerciali  $T_n$  durante la vita utile della sovrastruttura si ricava attraverso la seguente relazione:

$$T_n = (TGM) \cdot (D) \cdot (\% \text{ Pes}) \cdot (365) \cdot (\% \text{ Pes cor len}) \cdot [(1+r)^n - 1 / r]$$

dove:

- TGM = traffico giornaliero medio totale [veicoli/giorno];
- D = distribuzione direzionale del traffico [%];
- (% Pes) = percentuale di veicoli pesanti [% TGM];
- (% Pes cor len) = percentuale di veicoli pesanti circolante sulla corsia di marcia lenta [% (%Pes)];
- n = vita utile della pavimentazione [anni];
- r = tasso di incremento medio annuo del traffico [%].

A partire dai dati di traffico disponibili, il calcolo di  $T_n$ , con riferimento all'asse principale ed alla viabilità secondaria e rampe di svincolo, è stato condotto facendo riferimento alle seguenti condizioni:

- scenari di traffico relativi all'anno 2018;
- percentuale di veicoli pesanti lungo l'asse principale pari a 20%;
- percentuale di veicoli pesanti lungo la viabilità secondaria e le rampe di svincolo pari a 18%;
- incremento annuo del traffico pari a 2,5%.

I valori dei parametri di input ed i valori di  $T_n$  ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti.

**Numero di passaggi di veicoli commerciali  $T_n$  - Asse principale**

TGM [veicoli/giorno]	D [%]	%Pes [%TGM]	%pes cor len [%(%pes)]	n [anni]	r [%]	$T_n$ [veicoli commerciali]
18940	0,5	20%	100%	20	2,5%	<b>17.566.039</b>

**Numero di passaggi di veicoli commerciali  $T_n$  - Viabilità secondaria e rampe di svincolo**

TGM [veicoli/giorno]	D [%]	%Pes [%TGM]	%pes cor len [%(%pes)]	n [anni]	r [%]	$T_n$ [veicoli commerciali]
9102	0,5	18%	100%	20	2,5%	<b>7.510.321</b>

Poiché il traffico commerciale transitante si differenzia per il numero di assi, per il carico degli assi e per la tipologia, è necessario determinare il numero di assi standard equivalenti, ovvero il numero di assi standard che determinano, alla pavimentazione, lo stesso danno provocato dagli assi dei veicoli reali.

A tal fine è necessario stabilire, preliminarmente, l'equivalenza tra assi commerciali reali ( $T_n$ ) ed assi standard da 8,2 ton ( $N_{8,2}$ ).

Sulla base degli spettri di traffico corrispondenti al tipo di strada in esame (Cat. C – Extraurbana Secondaria), si può prendere in considerazione un coefficiente di equivalenza pari a  $C_{eq} = 1,2$ , pertanto il numero di assi commerciali equivalenti ad assi standard da 8,2 t si ottiene moltiplicando per 1,3 il numero di assi commerciali reali ( $N_{8,2} = C_{eq} \cdot T_n = 1,2 \cdot T_n$ ).

### 6.1.3 Verifica

I valori dei dati di input ed i risultati della verifica condotta attraverso il metodo empirico-statistico "AASHTO GUIDE" sono riportati nella tabelle seguenti.

Dalla verifica si evince che per entrambe le configurazioni di sovrastruttura adottate si ha  $(W_{18} / N_{8,2}) > 1$ , la verifica è pertanto soddisfatta.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 53 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

### Pavimentazione asse principale

#### Traffico in assi standard equivalenti

<b>Tn</b>	17.566.039	numero di assi di veicoli commerciali
<b>Ceq</b>	1,2	coefficiente di equivalenza tra assi di veicoli commerciali ed assi standard da 8,2 tonnellate
<b>N8.2</b>	21.079.247	veicoli commerciali in numero di assi standard equivalenti da 8,2 t

#### Verifica pavimentazione asse principale

			strato	materiale	s [cm]	a	m	s*a*m
			usura	conglomerato bituminoso	4	0,43	1,00	1,72
			collegamento	conglomerato bituminoso	4	0,40	1,00	1,60
			base	conglomerato bituminoso	8	0,28	1,00	2,24
			fondazione	misto cementato	20	0,18	0,98	3,53
			sottofondazione	misto granulare	20	0,11	0,95	2,09
							<b>SN</b>	11,18

<b>Md [Mpa]</b>	50	modulo di deformazione del sottofondo
<b>CBR [%]</b>	10	indice CBR del sottofondo
<b>R</b>	90%	affidabilità
<b>Zr</b>	-1,282	valore della variabile standardizzata legata all'affidabilità
<b>So</b>	0,45	deviazione standard
<b>SN</b>	11,18	structural number
<b>PSI in</b>	4,2	indice di servizio iniziale
<b>PSI fin</b>	2,5	indice di servizio finale
<b>Mr [psi]</b>	15000	modulo resiliente del sottofondo

<b>log W18</b>	7,51	
<b>W18</b>	32.683.022	numero di passaggi di assi standard sopportabile dalla pavimentazione
<b>W18 / N8.2</b>	1,55	rapporto tra il numero di assi standard sopportabile ed il traffico commerciale in assi standard equivalenti

### Pavimentazione viabilità secondaria e rampe di svicolo

#### Traffico in assi standard equivalenti

<b>Tn</b>	7.510.321	numero di assi di veicoli commerciali
<b>Ceq</b>	1,2	coefficiente di equivalenza tra assi di veicoli commerciali ed assi standard da 8,2 tonnellate
<b>N8.2</b>	9.012.385	veicoli commerciali in numero di assi standard equivalenti da 8,2 t

#### Verifica pavimentazione viabilità secondaria e rampe di svicolo

			strato	materiale	s [cm]	a	m	s*a*m
			usura	conglomerato bituminoso	3	0,43	1,00	1,29
			collegamento	conglomerato bituminoso	4	0,40	1,00	1,60
			base	conglomerato bituminoso	15	0,28	1,00	4,20
			fondazione	misto granulare	25	0,11	0,95	2,61
							<b>SN</b>	9,70

<b>Md [Mpa]</b>	50	modulo di deformazione del sottofondo
<b>CBR [%]</b>	10	indice CBR del sottofondo
<b>R</b>	90%	affidabilità
<b>Zr</b>	-1,282	valore della variabile standardizzata legata all'affidabilità
<b>So</b>	0,45	deviazione standard
<b>SN</b>	9,70	structural number
<b>PSI in</b>	4,2	indice di servizio iniziale
<b>PSI fin</b>	2,5	indice di servizio finale
<b>Mr [psi]</b>	15000	modulo resiliente del sottofondo

<b>log W18</b>	7,01	
<b>W18</b>	10.172.038	numero di passaggi di assi standard sopportabile dalla pavimentazione
<b>W18 / N8.2</b>	1,13	rapporto tra il numero di assi standard sopportabile ed il traffico commerciale in assi standard equivalenti



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 54 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

## 7. DISPOSITIVI DI RITENUTA

Lungo i margini stradali è stata prevista l'installazione di barriere di sicurezza longitudinali allo scopo di realizzare accettabili condizioni di sicurezza, garantendo, entro certi limiti, il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale. La scelta delle barriere (caratterizzata da una certa classe alla quale è associato un determinato livello di contenimento) è avvenuta coerentemente alle prescrizioni normative contenute nel D.M. 21/06/2004 (Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali), ovvero in funzione del tipo di strada, del tipo di traffico e della destinazione della barriera.

Per l'ubicazione dei dispositivi di ritenuta lungo i tratti stradali di progetto si rimanda agli specifici elaborati contenuti nella sezione "SEGNALETICA E BARRIERE DI SICUREZZA".

Tali elaborati forniscono indicazioni riguardo la tipologia e l'ubicazione dei dispositivi di ritenuta. Il progetto e la disposizione finale dei dispositivi di ritenuta, l'adattamento degli stessi alla sede stradale (in termini di supporti, drenaggio delle acque, collegamenti tra i diversi tipi di protezione, zone di approccio alle barriere ecc.) e l'individuazione delle protezioni dei punti singolari, saranno definiti in fase costruttiva in funzione delle caratteristiche e prestazioni dei dispositivi certificati disponibili del produttore/fornitore individuato.

### 7.1 PRESCRIZIONI NORMATIVE

Il D.M. 2367 del 21/06/2004 fornisce la classe minima da adottare per le barriere di sicurezza per le diverse destinazioni (spartitraffico, bordo laterale e bordo ponte) in funzione del livello di traffico (cfr. par. 7.2) e del tipo di strada, come riportato nella tabella successiva.

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte <sup>(1)</sup>
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 <sup>(2)</sup>	H2-H3 <sup>(2)</sup>	H3-H4 <sup>(2)</sup>
Strade extraurbane secondarie (C) e strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale

(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

Le prescrizioni di cui alla tabella precedente sono valide per l'asse stradale e per le zone di svincolo.

La destinazione "Barriere bordo ponte" si riferisce solo ad "opere di luce superiore a 10 metri"; per luci minori sono equiparate al bordo laterale", indipendentemente dalla loro altezza sul piano campagna. Come chiarito dalla Circolare 62032/2010, i muri di sostegno, che sono evidentemente opere di luce nulla, sono pertanto da equiparare anch'essi al bordo laterale, indipendentemente dall'altezza sul piano campagna e dalla loro estensione. In ogni caso i muri e le opere d'arte, indipendentemente dalla loro luce

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 56 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

e dalla loro altezza sul piano campagna, devono essere sempre protetti con barriere di classe non inferiore ad H2.

Si evidenzia che il criterio definito dalla norma si riferisce alla luce dell'opera e non alla lunghezza dell'eventuale cordolo soprastante, che può interessare anche eventuali muri andatori. Nel caso in cui la barriera sia da installare su cordolo in cemento armato, la tipologia di barriera dovrà essere del tipo "da bordo opera d'arte" sebbene della classe corrispondente al bordo laterale, quindi già provata su cordolo in cemento armato (non una barriera provata su terra, installata successivamente su cordolo in cemento armato, circostanza che ne modificherebbe in modo sostanziale il funzionamento).

Il D.M. 21/06/2004 non prevede invece l'obbligo di protezione nel caso di sezione in trincea o di muri di controripa. In queste situazioni occorre valutare, caso per caso, le situazioni in cui risulti preferibile l'aggiunta di una protezione anche in considerazione della eventuale presenza di ostacoli (pali della luce, strutture di segnaletica non cedevoli, pile da ponte etc). Analogamente non sono prescritte specifiche protezioni per le sezioni in galleria dove il profilo redirettivo richiesto dal D.M. 6792 del 05/11/2001 e s.m.i., per le gallerie realizzate su strade nuove, rappresenta, nella configurazione riportata, una mera configurazione geometrica dell'elemento marginale e non una barriera omologata o provata conformemente alle norme della serie UNI EN 1317. Viceversa la sezione iniziale di una galleria o di un muro di controripa, se non opportunamente sagomata (per evitare il possibile urto frontale), dovrà essere protetta ai sensi dell'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21/06/2004.

Tali condizioni rappresentano le minime ammesse dalla norma e, come richiamato dall'art. 6 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21/06/2004, "ove reputato necessario, il progettista potrà utilizzare dispositivi della classe superiore a quella minima indicata". Per quanto attiene agli attenuatori d'urto testati ai sensi della norma EN1317-3 il D.M. 21/06/2004 prevede l'obbligo di impiego di questo tipo di dispositivi nel caso in cui sia presente l'inizio delle barriere in corrispondenza di cuspidi con la sola eccezione di cuspidi tra rampe percorse a velocità < 40 km/h.

La classe minima per la protezione delle cuspidi è definita dal D.M. 21/06/2004 solo in funzione della velocità imposta nella strada da cui diverge la rampa, come mostrato nella tabella seguente.

Velocità imposta nel sito da proteggere		Classe degli attenuatori
Con velocità	$V \geq 130$ km/h	100
Con velocità	$90 \leq V < 130$ km/h	80
Con velocità	$V < 90$ km/h	50

Il D.M. 21/06/2004 chiarisce altresì che ogniqualvolta sia possibile si preferiranno soluzioni di minore pericolosità quali letti di arresto o simili, da testare con la sola prova tipo TB11 della norma EN 1317.

Per quanto attiene ai terminali speciali testati ai sensi della norma ENV1317-4, che il D.M. 21/06/2004 ammette di utilizzare, laddove ritenuto necessario, in sostituzione dei terminali semplici, non testati ma progettati in modo da minimizzare il rischio di urto frontale contro l'elemento terminale, questi, se impiegati, dovranno essere di classe non inferiore alla minima della tabella seguente.

Velocità imposta nel sito da proteggere		Classe dei terminali
Con velocità	$V > 130$ km/h	P3
Con velocità	$90 \leq V < 130$ km/h	P2
Con velocità	$V < 90$ km/h	P1

Il D.M. 223/1992 e s.m.i. si applica solo alle strade ad uso pubblico extraurbane ed urbane che hanno velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h. Sono espressamente escluse dal campo di applicazione della norma in argomento le progettazioni inerenti le strade extraurbane ed urbane con velocità di progetto inferiore a 70 km/h.

## 7.2 DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI TRAFFICO E DELLE CLASSI MINIME DELLE BARRIERE DA IMPIEGARE

Per la definizione delle classi di barriere da adottare in progetto risulta necessario, secondo quanto previsto dal D.M. 21/06/2004, definire, oltre alla classe funzionale ed alla destinazione delle protezioni (bordo rilevato e bordo ponte), la classe di traffico a cui appartiene la strada oggetto di progettazione.

La classe di traffico si definisce in funzione del Traffico Giornaliero Medio (TGM) bidirezionale (o totale ma monodirezionale nel caso di tratti a senso unico di marcia) e della percentuale di veicoli pesanti (di massa > 3.5 t), secondo lo schema della tabella seguente.

Tipo di traffico	TGM bidirezionale	% pes
I	≤ 1000 > 1000	qualunque %pes ≤ 5
II	> 1000	5 < %pes ≤ 15
III	> 1000	%pes > 15

Per l'attribuzione del livello di traffico sono stati presi in considerazione i dati desunti dall' "Analisi trasportistica" di cui al Cap. 5 del *Quadro di Riferimento Progettuale dello Studio di Impatto Ambientale del Progetto Preliminare* e riportati nel par. 6.1.2 della presente relazione. Sulla base di tali dati, caratterizzati da TGM > 1000 veicoli/giorno e %pes > 15 il traffico è classificabile come traffico di Tipo III.

Sulla base di tale livello di traffico ed in funzione del tipo di strada (Strada Extraurbana Secondaria-Cat.C), il D.M. 21/06/2004 individua le seguenti classi minime di barriere da impiegare (per l'asse principale e per i rami di svincolo):

- Barriere bordo laterale: classe H2;
- Barriere bordo ponte: classe H3.

## 7.3 BARRIERE LONGITUDINALI

### 7.3.1 Tipologia e classe delle barriere previste in progetto

Sulla base della classe di traffico, delle indicazioni e prescrizioni normative, delle caratteristiche del corpo stradale e delle condizioni geometriche e vincoli esistenti, il progetto delle barriere longitudinali ha previsto l'impiego delle classi e tipologie seguenti.

#### BARRIERE DI SICUREZZA - Asse principale

Corpo stradale	Destinazione	Classe e tipologia	Livello di severità	Classe di livello di larghezza utile
Rilevato	Margine esterno	Barriera metallica H2 bordo laterale	A	W6 (1,7 ≤ W ≤ 2,1 m)
		Barriera metallica H3 bordo laterale	A	W6 (1,7 ≤ W ≤ 2,1 m)
Trincea	Margine esterno	-	-	-
Ponti e viadotti	Margine esterno	Barriera metallica H4 bordo ponte	≤ B	W4 (1,0 ≤ W ≤ 1,3 m)
Opere di attraversamento di luce inferiore a 10 m e muri di sostegno	Margine esterno	Barriera metallica H2 bordo ponte	≤ B	W4 (1,0 ≤ W ≤ 1,3 m)
Galleria	Margine esterno	Profilo redirettivo H2	-	W1 (0,0 ≤ W ≤ 0,6 m)

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 58 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

### BARRIERE DI SICUREZZA – Rami di svincolo e Viabilità secondaria

Corpo stradale	Destinazione	Classe e tipologia	Livello di severità	Classe di livello di larghezza utile
Rilevato	Margine esterno	Barriera metallica H2 bordo laterale	A	W6 (1,7 ≤ W ≤ 2,1 m)
Trincea	Margine esterno	-	-	-
Cavalcavia	Margine esterno	Barriera metallica H4 bordo ponte	≤ B	W4 (1,0 ≤ W ≤ 1,3 m)

Per le barriere di sicurezza bordo ponte, previste lungo i ponti e viadotti e lungo i cavalcavia, è stata adottata una classe pari a H4 superiore alla classe minima prescritta dalla norma per la strada in oggetto (H3). Tale incremento di classe consegue da alcune considerazioni sulle tipologie di barriere compatibili con il corretto funzionamento in presenza degli ostacoli a tergo (parapetti lungo i ponti e viadotti, reti di protezione lungo i cavalcavia) posizionati ad una distanza pari a 1,30 m dal fronte della barriera.

In particolare, per garantire il corretto funzionamento delle barriere bordo ponte, occorre che la larghezza operativa W (distanza laterale massima tra il lato della barriera di sicurezza rivolto verso il traffico prima dell'urto e la massima posizione laterale dinamica di una qualunque parte della barriera) non superi lo spazio disponibile tra il fronte della barriera e l'ostacolo (parapetto/rete di protezione), ovvero  $W \leq 1,30$  m.

Poiché in corrispondenza della classe H3 è attualmente disponibile un numero molto limitato di tipologie di barriere bordo ponte certificate caratterizzate da  $W \leq 1,30$  m, è stata prevista l'installazione di barriere bordo ponte di classe H4 che, di contro, trovano corrispondenza in un elevato numero di tipologie di barriere certificate caratterizzate da  $W \leq 1,30$  m e, quindi, compatibili con le sistemazioni dei margini previste in progetto.

Per quanto riguarda la protezione bordo laterale, oltre all'impiego di barriere di classe H2 (classe minima prescritta dalla norma per la strada in oggetto), si prevede l'installazione di barriere bordo laterale di classe H3 al fine di poter garantire, lungo l'asse principale, la realizzazione di un dispositivo misto con barriere bordo opera d'arte di classe H4 secondo i criteri di cui al successivo par. 7.3.2.

In progetto sono previste intersezioni a raso che risultano certamente caratterizzate da una velocità di progetto < 70 km/h (tipicamente 40 km/h) e che pertanto non rientrano nel campo di applicazione del D.M. 223/1992 e s.m.i.. Tuttavia, in corrispondenza delle intersezioni a raso si è ritenuto opportuno prevedere comunque la protezione mediante barriere di classe H2 bordo laterale.

Il livello di larghezza utile delle barriere previste in progetto risulta compatibile con la distanza tra le stesse e gli ostacoli a tergo presenti lungo l'asse principale, lungo i rami di svincolo e lungo la viabilità secondaria.

I dispositivi di ritenuta che possono essere impiegati su strada ai sensi del decreto ministeriale 18 febbraio 1992 n. 223, in tutte le procedure di affidamento avviate successivamente al 20.8.2007, sono:

- dispositivi omologati ai sensi del decreto ministeriale 21.6.2004;
- dispositivi che hanno ottenuto la marcatura CE ai sensi della norma UNI EN 1317-5;
- dispositivi rispondenti alle norme UNI EN 1317, parti 1, 2, 3 e 4 in quanto dotati di rapporti di prova eseguiti con le modalità suddette.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 59 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

Per il caso b, l'impiego è subordinato alla verifica, da parte degli Enti Appaltanti, di rispondenza alle norme UNI EN 1317, parti 1, 2, 3 e 4, qualora ciò non sia espressamente indicato nei rapporti rilasciati da campo prova certificati secondo le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Il produttore dovrà fornire copia dei rapporti di prova, del progetto del dispositivo e del manuale di uso per consentire di valutare tramite, i disegni e le indicazioni in essi contenuti, le corrette modalità di installazione in opera: detti rapporti dovranno anche contenere le caratteristiche dei materiali con cui è stato realizzato il dispositivo su cui sono state effettuate le prove ai sensi delle norme della serie UNI EN 1317.

### 7.3.2 Sviluppo delle barriere di sicurezza

Al fine di consentire un corretto funzionamento delle barriere, il D.M. 21/06/2004 prevede che si estenda la protezione con una barriera della medesima classe per uno sviluppo sufficiente a garantire che la barriera funzioni opportunamente nel punto di inizio e di fine del tratto da proteggere. A monte del primo punto in cui la protezione deve esplicare il suo pieno funzionamento è stato pertanto previsto un tratto di barriera denominato “ala prima” e, analogamente, a valle è stata prevista una “ala dopo”. Entrambe le “ali” sono caratterizzate dal medesimo livello di contenimento della barriera previsto nel tratto da proteggere.

Per quanto attiene allo sviluppo delle “ali” il D.M. 21/06/2004 prevede che *“Le protezioni dovranno in ogni caso essere effettuate per una estensione almeno pari a quella indicata nel certificato di omologazione, ponendone circa due terzi prima dell’ostacolo, integrando lo stesso dispositivo con eventuali ancoraggi e con i terminali semplici indicati nel certificato di omologazione, salvo diversa prescrizione del progettista secondo i criteri indicati nell’art. 6.”. La circolare 62032/2010 chiarisce altresì che “l’estensione minima pari a quella indicata nel certificato di omologazione ha valore prescrittivo mentre il posizionamento di due terzi prima ha carattere indicativo. Il progettista può stabilire lo sviluppo di barriera da porre a monte dell’ostacolo, tenendo conto delle modalità con cui sono state effettuate le prove sulla barriera per l’omologazione e della morfologia della strada. Nelle strade a doppio senso di marcia, dove non è possibile individuare il tratto “prima dell’ostacolo”, le medesime protezioni andranno realizzate da entrambi i lati dell’ostacolo, fermo restando il vincolo dell’estensione minima di barriera da installare. Nelle strade a senso unico di marcia la barriera dovrà in tutti i casi essere estesa oltre l’ultimo punto da proteggere, in modo da assicurare che le condizioni di funzionamento siano soddisfacenti in tutto il tratto di interesse.”.*

Per quanto attiene alla distanza tra il punto d’urto e l’elemento iniziale della barriera la norma EN1317-2 prevede che l’urto avvenga in un punto a circa un terzo della lunghezza della barriera di sicurezza dall’estremità di avvicinamento. Pertanto la misura di “ala prima” strettamente necessaria è stimabile in 1/3 della lunghezza minima di funzionamento ( $L_f$ ).

Nel presente progetto sono state pertanto adottate le seguenti misure per le “ali”:

- “ala prima” di un’opera d’arte su rampe monodirezionali:  $L_1=2/3 L_f$  come da raccomandazione del D.M. 21/06/2004;
- “ala dopo” di un’opera d’arte su rampe monodirezionali:  $L_2=1/3 L_f$ ;
- “ala prima” ed “ala dopo” su asse principale e rampe bidirezionali:  $L_1=L_2=1/3 L_f$  come da EN 1317-2;
- “ala prima” ed “ala dopo” il punto in cui è previsto il cambio di classe di una barriera (ad esempio il punto in cui cessa l’esigenza di avere una barriera di classe H3 sul bordo laterale dell’asse e si può passare all’H2):  $L_1=L_2=1/3 L_f$  come da EN 1317-2;

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 60 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

- “ala prima” ed “ala dopo” i punti di inizio e fine del tratto in cui la barriera posta a protezione degli ostacoli isolati deve esplicare il suo pieno funzionamento  $L_1=L_2=1/3 L_f$  come da EN 1317-2.

Il valore di  $L_f$  (lunghezza di funzionamento) è stato adottato in progetto pari a 90 m in modo concorde con la quasi totalità delle lunghezze di crash test effettuate nei campi prova per la certificazione. Nel caso in cui la barriera in fornitura abbia una lunghezza minima di funzionamento ( $L_f$ ) maggiore di 90 m, le previsioni progettuali dovranno essere adattate al valore di  $L_f$  e, di conseguenza, di  $L_1 (=2/3 L_f)$  e di  $L_2 (=1/3 L_f)$ , della barriera che si intende installare.

Secondo l'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al del D.M. 21.6.2004, lo sviluppo complessivo della barriera installata non deve essere comunque inferiore alla lunghezza di funzionamento ( $L_f$ ).

L'art. 6 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 prevede che, laddove non sia possibile installare un dispositivo con una lunghezza minima pari a quella effettivamente testata (per esempio ponti o ponticelli aventi lunghezze in alcuni casi sensibilmente inferiori all'estensione minima del dispositivo) sarà possibile installare una estensione di dispositivo inferiore a quella effettivamente testata, provvedendo però a raggiungere la estensione minima attraverso un dispositivo diverso (per esempio testato con pali infissi nel terreno), ma di pari classe di contenimento (o di classe ridotta - H3 - nel caso di affiancamento a barriere bordo ponte di classe H4) garantendo inoltre la continuità strutturale. L'estensione minima che il tratto di dispositivo “misto” dovrà raggiungere sarà costituita dalla maggiore delle lunghezze di funzionamento dei due tipi di dispositivo da impiegare. Ovviamente il riferimento all'estensione delle opere d'arte implica che il “non sia possibile” vada inteso non in senso assoluto ma relativamente allo stato dei luoghi previsto in progetto senza necessità di prevedere opere addizionali come la realizzazione di appositi cordoli su rilevato per l'installazione delle barriere di sicurezza del tipo “da bordo opera d'arte” sull'intera estesa della lunghezza minima di funzionamento. Nel caso di dispositivi “misti” l'estensione di “ala” necessaria a garantire nel complesso la  $L_f$  non dovrà essere intesa come una barriera a sé stante (che a sua volta richiederebbe una lunghezza minima di  $L_f$ ) ma come parte del sistema misto che nel suo complesso deve garantire la lunghezza minima di funzionamento maggiore tra quelle dei dispositivi da installare.

Per realizzare un dispositivo “misto” la barriera bordo opera d'arte e la barriera da bordo laterale devono garantire la continuità strutturale degli elementi longitudinali. Si considerano elementi longitudinali strutturalmente “resistenti” la lama principale a tripla onda, l'eventuale lama secondaria sottostante o soprastante la lama principale, ed i profilati aventi funzione strutturale. Non sono considerati elementi strutturali “resistenti” i correnti superiori con esclusiva funzione di antiribaltamento ed i correnti inferiori pararuota. La continuità degli elementi longitudinali delle 2 barriere può essere garantita anche se questi sono installati ad altezze leggermente diverse.

In corrispondenza delle opere di attraversamento di sviluppo inferiore alla lunghezza di funzionamento (90 m), è stata prevista la protezione con barriere bordo ponte (installate su cordolo) lungo l'intero sviluppo dell'opera. A monte ed a valle delle barriere bordo ponte è stata prevista la protezione mediante barriere bordo rilevato (con pali infissi nel terreno) di classe H3. In tal modo è stato garantito il funzionamento attraverso il dispositivo “misto” secondo il D.M. 21/06/2004, attraverso un'estensione minima del dispositivo “misto” non inferiore alla maggiore delle lunghezze di funzionamento dei due tipi di barriera impiegati così come prescritto dal D.M. 21/06/2004.

## 7.4 ELEMENTI DI PROTEZIONE COMPLEMENTARE E PROTEZIONE PUNTI SINGOLARI

### 7.4.1 Attenuatori d'urto

In corrispondenza delle cuspidi individuate dalle corsie di uscita dall'asse principale si prevede l'installazione di attenuatori d'urto frontali redirettivi di classe 80 conformi alla norma EN1317-3.

E'prevista, inoltre, l'installazione di attenuatori d'urto di classe 50 conformi alla norma EN1317-3 in corrispondenza delle cuspidi individuate dalle diramazioni delle rampe di svincolo.

### 7.4.2 Transizioni

Le transizioni tra barriere di tipo diverso non sono prodotti soggetti a prova o a marcatura CE ma sono elementi di raccordo tra dispositivi diversi che devono rispondere a specifici requisiti di carattere geometrico e funzionale:

- la rigidità all'interno di qualunque tipo di transizione dovrà variare gradualmente da quella del sistema meno rigido a quella del più rigido;
- il collegamento tra gli elementi longitudinali "resistenti" delle 2 barriere deve essere fatto per mezzo di elementi di raccordo inclinati sul piano verticale. Si considerano elementi longitudinali "resistenti" la lama principale a tripla onda, l'eventuale lama secondaria sottostante o soprastante la lama principale, ed i profilati aventi funzione strutturale. Non sono considerati elementi strutturali "resistenti" i correnti superiori con esclusiva funzione di antiribaltamento (arretrato in modo sostanziale rispetto alla lama sottostante) ed i correnti inferiori pararuota;
- il produttore dovrà garantire che la transizione proposta sia caratterizzata dalla continuità e dalla graduale variazione di resistenza e di rigidità degli elementi longitudinali "resistenti";
- tutte le transizioni tra barriere metalliche di diverso tipo dovranno essere ottenute utilizzando i raccordi ed i pezzi speciali di giunzione previsti dal produttore, curando che non rimangano in alcun caso discontinuità tra gli elementi longitudinali che compongono le barriere;
- l'interruzione di elementi longitudinali secondari nelle zone di transizione dovrà avvenire mediante l'installazione dei terminali previsti dal produttore, avendo cura di arretrare l'elemento stesso rispetto all'allineamento degli elementi longitudinali continui principali, prima della sua interruzione;
- nel caso particolare di transizioni tra barriere che prevedono il corrente superiore e barriere che non lo prevedono (ove necessario) quest'ultimo dovrà essere raccordato con un pezzo speciale terminale sagomato e vincolato al paletto della barriera senza corrente superiore ubicato al termine della transizione, a tergo della medesima.

Per quanto attiene alle "ali" delle opere d'arte possono essere adottati i "dispositivi misti" secondo il D.M. 21.06.2004 (barriera bordo ponte accoppiata a barriera bordo laterale o spartitraffico di pari classe) adottando come lunghezza di funzionamento ( $L_f$ ) la maggiore tra quelle dei dispositivi da installare ed avendo cura di verificare che la transizione tra barriera bordo ponte e barriera da bordo laterale garantisca continuità strutturale.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 62 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

In attesa della definizione normativa di una specifica modalità di prova per verificare l'effettiva sussistenza della continuità strutturale richiesta, una transizione potrà essere considerata "strutturalmente continua" laddove il sistema realizzato dall'affiancamento dei due dispositivi (bordo opera e bordo laterale) preveda:

- l'utilizzo di barriere dello stesso materiale;
- la continuità degli elementi longitudinali "resistenti" che dovrebbero avere, in generale, lo stesso profilo. Tale requisito è inderogabile per la lama principale. Per gli altri potranno essere adottati pezzi speciali di raccordo;

Prima della fornitura delle barriere, il fornitore dovrà produrre le tavole di dettaglio delle transizioni basate sugli specifici prodotti da installare. Tali dettagli dovranno seguire i criteri indicati nelle citate tavole di progetto salvo motivate differenze che dovranno essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

### 7.4.3 Terminali

Qualsiasi interruzione della continuità longitudinale delle barriere esposte al flusso di traffico dovrà essere dotata di un sistema terminale che prevenga, per quanto possibile, l'urto frontale dei veicoli contro la parte iniziale della barriera.

I terminali semplici di cui sopra non sono parte del sistema testato ai sensi della norma EN1317-2 e sono dispositivi diversi dagli eventuali sistemi di ancoraggio che possono essere presenti durante il crash che, non essendo testati rispetto ad eventuali urti frontali, non garantiscono alcun livello di sicurezza come elementi terminali installati su strada.

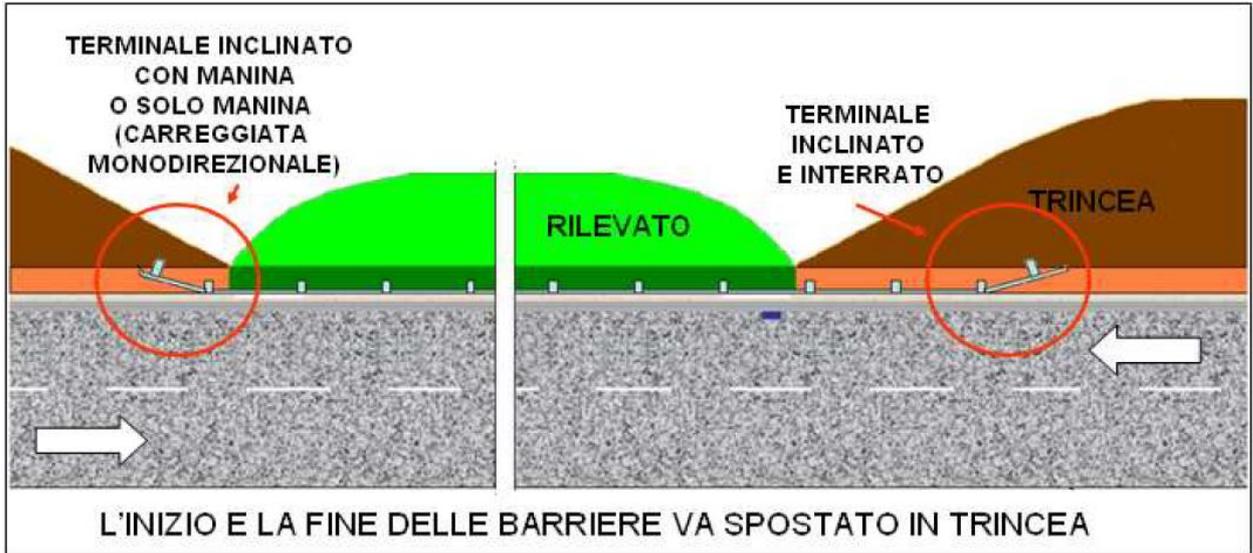
In particolare, si definisce terminale semplice il tratto di barriera al suo inizio e quello alla sua fine (che spesso sono diversi) riportate nei disegni delle omologazioni o dei rapporti di prova delle diverse soluzioni; si tratta in genere di interramenti e deviazioni della parte terminale d'inizio, combinate o meno tra loro, senza ancoraggi speciali.

Coerentemente alle indicazioni ANAS Luglio 2013 - "Istruzioni progettuali per le protezioni di sicurezza passiva", come punti di minor resistenza del dispositivo, i terminali di inizio e fine vanno previsti in zone della strada dove la loro presenza non generi problemi in caso d'urto (non causi cioè fuoriuscite pericolose, urti su oggetti esterni o simili) per questo motivo le barriere poste su rilevato devono iniziare e finire all'interno delle trincee ad esso adiacenti e terminare a terra e/o deviando sulla parete della trincea, secondo lo schema indicato nella figura seguente.

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

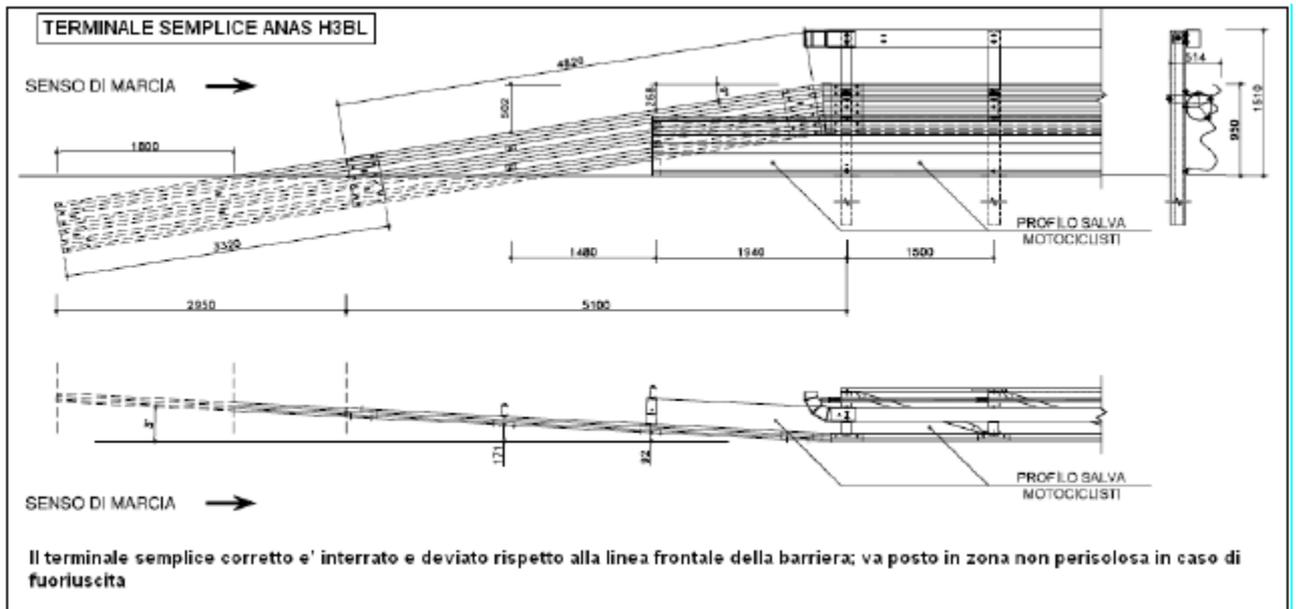
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 63 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	---------------	-----------	------------------------



Posizionamento terminale semplice

Qualora il terminale semplice non sia indicato nei documenti allegati ai crash test, il terminale da adottare, potrà in genere essere con nastro che termina immerso nel terreno e che nella discesa verso il basso, devia leggermente verso l'esterno della strada (angolo di circa 20°); se la natura del terreno non permette l'interramento, il nastro potrà deviare, sempre leggermente verso l'esterno mantenendo la quota ed arrivando ad almeno 30 - 40 cm dall'allineamento anteriore del nastro della barriera corrente (Terminale semplice ANAS) come riportato nella figura seguente.



Terminale semplice ANAS

Nelle strade a doppio senso di circolazione si dovrebbe usare il terminale con interrimento sul lato iniziale della barriera sulla destra ed il secondo tipo al suo termine (che potrebbe essere urtato dai veicoli

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 64 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

che tendano a fuoriuscire in sinistra, provenendo dall'altra corsia); nelle carreggiate mono direzionali il termine della barriera può anche essere lasciato senza la deviazione verso l'esterno strada e terminare con la sola "manina" o copri – nastro equivalente. È preferibile comunque usare barriere che riportano nei disegni allegati ai crash test l'indicazione dei terminali semplici da usare

Gli ancoraggi vanno ripetuti secondo il passo di prova in modo tale da ripetere il comportamento della prova di crash.

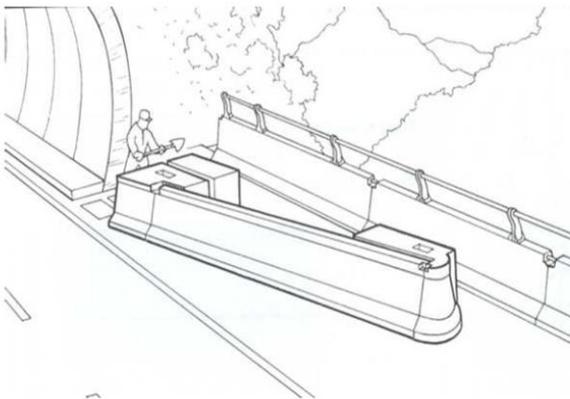
#### 7.4.4 Protezione punti singolari

Per la protezione dei punti singolari sono stati previsti i seguenti dispositivi ed elementi di protezione.

##### *Imbocchi gallerie*

Coerentemente alle indicazioni ANAS Luglio 2013 - "Istruzioni progettuali per le protezioni di sicurezza passiva", in corrispondenza degli ingressi delle gallerie (con imbocchi in artificiale con conformazione a "becco di flauto") è stata prevista una protezione mediante un adeguato profilo di rinvio, che imedisce l'urto frontale sulla parete rigida della galleria, costituito dal dispositivo denominato P.I.G. (Protezione Imbocchi Gallerie).

Nella figura seguente si riporta un esempio di protezioni imbocchi gallerie con il dispositivo P.I.G..



Tale dispositivo è in uso da oltre 15 anni all'ingresso di molti tunnel autostradali e non richiede crash test per poter essere utilizzato. Deve solo avere uno spazio a tergo sufficiente al suo posizionamento, che finisce contro terra, oppure ha sul retro una barriera di classe minima H2 tale da fermare il suo posizionamento in caso di uso su rilevato o ponte. Il dispositivo è composto da uno o più elementi di barriera tipo New-Jersey, collegati a due blocchi in calcestruzzo sagomato, tramite la barra rullata superiore.

##### *Imbocchi sottovia*

Per la protezione dei punti singolari definiti dagli imbocchi dei sottovia relativi alle rampe di svincolo e dei sottovia relativi a strade Tipo F2, si prevede l'installazione di attenuatori d'urto frontali redirettivi di classe 50 conformi alla norma EN1317-3.

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord**

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 65 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

***Punti di inizio delle opere di sostegno di controripa***

Per la protezione dei punti singolari definiti dall'inizio delle opere di sostegno di controripa, sono state previste barriere bordo laterale di classe H2 estese a monte di tali punti per un tratto corrispondente alla lunghezza minima di funzionamento ( $L_f$ ).

In progetto è stato adottato un valore di  $L_f$  pari a 90 m in modo concorde con la quasi totalità delle lunghezza di crash test effettuate nei campi prova per la certificazione. Nel caso in cui la barriera in fornitura abbia una lunghezza minima di funzionamento ( $L_f$ ) maggiore di 90 m, le previsioni progettuali dovranno essere adattate al valore di  $L_f$ .

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 06	WBS CS0000	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.diPag. 66 di 66
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------

## 8. SEGNALETICA

Il progetto della segnaletica orizzontale e verticale è stato sviluppato coerentemente alle prescrizioni contenute nel “Nuovo Codice della Strada D.L. n. 285 del 30/04/1992” (Artt. 38, 39, 40, 41, 42) e nel “Regolamento d’esecuzione ed attuazione del Nuovo Codice della Strada D.P.R. n. 495 del 16/12/1992”.

La segnaletica orizzontale prevista su tutto il tratto di intervento è costituita da strisce continue di margine e dalla striscia continua di separazione dei sensi di marcia. Le suddette strisce hanno larghezza pari rispettivamente a 15 cm e 12 cm, il materiale prescelto è vernice rifrangente a base solvente, di colore bianco retroriflettente di livello R3. La segnaletica orizzontale ha previsto, inoltre, ove necessario, zebrature, l’inserimento di frecce direzionali e di strisce di arresto in corrispondenza delle intersezioni.

Per quanto riguarda la segnaletica verticale, sono state previste modalità di installazione, materiali, dimensioni, colori e caratteristiche conformi a quanto prescritto nel “Nuovo Codice della Strada D.L. n. 285 del 30/04/1992” e “Regolamento d’esecuzione ed attuazione del Nuovo Codice della Strada D.P.R. n. 495 del 16/12/1992”. In particolare, si prevede l’uso di segnali di formato “normale” costruiti in ogni loro parte in lamiera di alluminio, dello spessore pari a mm 25/10 per i triangoli, i dischi e le relative appendici, e mm 30/10 per i pannelli dei segnali di indicazione, con pellicole ad elevata rifrangenza (classe 2). Oltre ai consueti segnali stradali di pericolo, obbligo, divieto, indicazione, sono stati previsti i cartelli relativi alle direzioni ed ai preavvisi di intersezione. I sostegni per i segnali verticali (esclusi i portali), saranno in acciaio tubolare, dovranno essere zincati a caldo (non verniciati) e dovranno avere le seguenti dimensioni: pali  $\Phi$  60 mm, spessore minimo 3,2 mm.

Allo scopo di consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità e garantire informazioni utili per l’attività di guida, il progetto della segnaletica orizzontale e verticale è stato redatto in modo da rispondere ai seguenti requisiti:

- congruenza con la situazione stradale che si vuole descrivere;
- coerenza sul medesimo itinerario;
- omogeneità sul medesimo itinerario.

Si precisa che la segnaletica sarà concordata con l’Ente gestore della viabilità in oggetto, per cui essa potrà essere modificata rispetto al progetto sviluppato.

Per i dettagli riguardanti la configurazione della segnaletica orizzontale ed il tipo ed ubicazione della segnaletica verticale, si rimanda agli specifici elaborati contenuti nella sezione “SEGNALETICA E BARRIERE DI SICUREZZA”.