

**T.Esposito, R.Mauro, “Fondamenti di infrastrutture viarie – Vol.1 –
La geometria stradale”, Hevelius Edizioni, Benevento, febbraio 2003**

Errata corrige

Pag.	Rigo	Errata	Corrige
13	ultimo	453	476
17	24-26	Nel seguito trasporto ferroviario.	Nel seguito si tratterà, con riferimento alla progettazione geometrica ed al controllo, del trasporto su strada, limitandosi a fornire per il trasporto ferroviario solo alcuni dati statistici.
20		Tab.1	Vedi Tab.allegata
21		Tab.3	Vedi Tab.allegata
22		Tab.4	Vedi Tab.allegata
23		Tab.5a	Vedi Tab.allegata
25		Tab.6-Tab.7-Tab.8	Vedi Tab.allegata
27	1	Per la progettazione geometrico-funzionale è necessario	Per la progettazione geometrico-funzionale delle strade è necessario...
27	19	sagoma limite di 2,50 m	sagoma limite di 2,55 m
48	Fig.6		Vedi Fig.allegata
63	21-23	E' formatanell'intera area urbana	E' formata, in ambito extraurbano, dalle strade classificate A e B la cui funzione nel territorio è quella di assicurare i collegamenti a carattere nazionale e interregionale ovvero, in ambito urbano, dalle strade A e D che assicurano collegamenti nell'area urbana.
66	10	... coerente con la rete in cui si inquadra (cfr. schema di Tab.2 tratto dalle Norme [5]).	...coerente con la rete in cui si inquadra e, in via subordinata, quella delle reti contigue.
66	17	dopo Locale aggiungere..	, a seconda che almeno una delle due strade appartenga, rispettivamente alla rete primaria, principale, secondaria, locale.
68		Tab.4	Vedi Tab.allegata
73	16	accelerazione	accelerazioni
79	9	Per strade soggette a frequente innevamento la pendenza trasversale va limitata al 6 % e di conseguenza il raggio minimo utilizzabile è quello che corrisponde negli abachi a tale valore.	Per strade soggette a frequente innevamento la pendenza trasversale va limitata al 6 %; i valori di R_{min} e R^* si deducono dalla (4), rispettivamente per V_{pmin} e V_{pmax} , utilizzando poi l'abaco per ogni $R > R^*$.
84	6	(retta)	(retta per $s < A$)
88	eq.(28)	$= \arctg \frac{y_p}{x_p}$	$\sigma = \arctg \frac{y_p}{x_p}$
88	19	(o di r o di r^c)	(o di r o di r^c)
89-90		Se nel punto iniziale la curvatura è nulla, la (30) diviene $A \geq A_{min} = \sqrt{\frac{R_f \cdot 100 \cdot B_i \cdot (q_f - q_i)}{i_{max}}} \quad (31)$ Nella (31) la pendenza q_i va presa negativa se è discorde da q_f , come accade nel raccordo rettilineo-cerchio.	Se nel punto iniziale la curvatura è nulla (come nel raccordo rettilineo-cerchio o in ciascun ramo delle clotoidi di flessione) la (30) diviene $A \geq A_{min} = \sqrt{\frac{R_f \cdot 100 \cdot B_f \cdot (q_i - q_i)}{\Delta i_{max}}} \quad (31)$ Inoltre la pendenza q_i va presa negativa se è discorde da q_f , mentre, ovviamente, nelle clotoidi di flessione è $q_i = 0$ nel punto di flessione.
90	14	...delle (33).	...della (33).
94	2	...ottenendo così la direzione	...ottenendo così la posizione
97	8	...di due cerchi circolari	...di due curve circolari
98	Fig.16		Vedi Fig.allegata
99	1	b) Tra le lunghezze ...	b) Tra le lunghezze ...

99		Alla fine del paragrafo aggiungere..	d) una curva circolare, affinché possa essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo non inferiore a $2,5 \cdot v$ con v velocità di progetto della curva in m/sec.
108-109	Fig.4a Fig.4b		Vedi Fig.allegata
110	3	Sul profilo sono indicate, in parentesi, le velocità al termine delle singole livellette.	Sul profilo sono indicate le velocità al termine delle singole livellette.
110	32	...l'adozione di corsie supplementari...	..l'adozione di corsie supplementari...
110	36	...aumentati di un unità....	...aumentati di una unità....
111	5	Il peggioramento della qualità la circolazione...	Il peggioramento della qualità della circolazione...
111	7	...pesanti; viene valutato...	...pesanti, viene valutato...
119	7	...si trova il veicolo che il sorraggiunge....	...si trova il veicolo che sorraggiunge....
119	8	...l'altezza dei centro dei fari.....	...l'altezza del centro dei fari.....
128	Tab.1		Inserire linea di separazione tra strada B e strada C
143	Fig.10c		Vedi Fig.allegata
154	Fig.27	Rettifilo-raccordo-rettifilo	Rettifilo-raccordo-curva circolare
158	10	Nella Fig.30a si osserva che vi è un tratto L_1 ...	Nella Fig.30a si osserva che vi è un tratto L_1 ...
158	23-24	...nella parte iniziale di lunghezza L_1nella parte iniziale di lunghezza L_1 ...
164	14	[5]	[7]
164	24	[8]	[11]
165	21	g) Quando una raccordo...	g) Quando un raccordo...
165	30	[8]	[11]
171	18	[7]	[10]
166-169	Didascalie figure	[8]	[11]
174	28	Occorre, peraltro, fino a pag.178 dopo Tab.2	Vedi testo allegato
179		Formula (10)	(14)
179	23	La (10) evidentemente...	La (14) evidentemente...
179	28	...la (10)...	...la (14)
179	35-36	...utilizzando l'abaco di Fig.11 per verificare la distanza di arresto e quello di Fig.12 per la distanza di sorpasso.	...utilizzando l'abaco di Fig.11 del Cap.8 per verificare la distanza di arresto e quello di Fig.12 del Cap.8 per la distanza di sorpasso.
181	21	..l'aggiunta di una corsia onde favorire il sorpasso....	...l'aggiunta di una corsia, per ciascun senso di marcia, onde favorire il sorpasso....
181	22	(punti 8.2 e 9.5)	(§ 8.2 e 9.5)
181	29-30	...a quelli indicati nella fig.22 del Cap.9 in cui però è opportuno, per i tratti in piano o in discesa che i tronchi....	...a quelli indicati nella Fig.22 del Cap.9 in cui però è opportuno, per i tratti in piano o in discesa, che i tronchi....
182		Riferimenti bibliografici	Vedi riferimenti bibliografici allegati
234	Fig.2		Vedi Fig.allegata
236	5-6 punto 12.4	...che la distanza planimetrica d tra il ramo di valle....	...che la distanza planimetrica a tra il ramo di valle....
238	Fig.4		Vedi Fig.allegata
239	1consente un completaconsente una completa ...
240	Fig.6		Vedi Fig.allegata

Tabelle

Cap.02

ANNI	MOTOVEICOLI			AUTO VETTURE	AUTOVEICOLI INDUSTRIALI					TOTALE COMPL.
	Ciclomotori	Motocicli e motocarri	Totale		Autobus	Autocarri (a)	Trattori stradali e motrici per semi- rimorchi	Totale	Rimorchi e semi- rimorchi	
1999	4.431.321	3.132.595	7.563.916	31.416.686	85.762	3.221.335	106.726	3.413.823	799.974	43.194.399
2000	4.451.124	3.765.879	8.217.003	32.583.815	87.956	3.377.573	115.958	3.581.487	812.596	45.194.901
2001	4.495.813	4.114.455	8.610.268	33.239.029	89.858	3.541.545	124.149	3.755.552	827.591	46.432.440
2002	4.540.906	4.424.905	8.965.811	33.706.153	91.716	3.751.600	132.622	3.975.938	843.330	47.491.232
2003	4.586.452	4.746.698	9.333.150	34.310.446	92.701	3.933.930	139.402	4.166.033	855.758	48.665.387
2004	4.632.399	4.917.383	9.549.782	33.973.147	92.874	4.015.612	142.413	4.250.899	809.478	48.583.306

(a) Sono inclusi i veicoli speciali

*Tab.1 – Evoluzione del parco circolante in Italia dal 2000 al 2004
(Fonti: Conto Nazionale dei Trasporti)*

ANNI	Autostrade	Strade statali e altre strade di interesse nazionale	Strade regionali e provinciali	Raccordi autostradali classificati	TOTALE
1999	6.478	46.483	115.222	472	168.655
2000	6.478	46.556	114.691	472	168.197
2001	6.478	46.870	115.180	472	169.000
2002	6.487	20.654	146.468	472	171.081
2003	6.487	17.250	149.106	472	173.315
2004	6.532	17.250	151.570	472	175.824

*Tab.3 – Evoluzione della rete stradale italiana dal 1999 al 2004 con esclusione delle strade
comunali e vicinali (Fonte: Conto Nazionale dei Trasporti)*

REGIONI	Strade Regionali e Provinciali	Altre Strade di interesse Nazionale	Autostrade	Km Strade Regionali e Provinciali per 10.000 abitanti	Km altre Strade di interesse nazionale per 10.000 abitanti	Km Autostrade per 10.000 abitanti	Km Strade Regionali e Provinciali per 100 kmq	Km altre Strade di interesse nazionale per 100 kmq	Km Autostrade per 100 kmq	Km Strade Regionali e Provinciali per 10.000 veicoli circolanti	Km altre Strade di interesse nazionale per 10.000 veicoli circolanti	Km Autostrade per 10.000 veicoli circolanti
Piemonte	21.097	703	807	49,2	1,6	1,9	83,1	2,8	3,2	78,7	2,6	3,0
Valle d'Aosta	500	153	114	40,8	12,5	9,3	15,3	4,7	3,5	39,7	12,1	9,0
Lombardia	10.318	969	576	11,2	1,0	0,6	43,2	4,1	2,4	18,8	1,8	1,1
Trentino A. Adige	5.021	0	187	52,0	0,0	1,9	36,9	0,0	1,4	95,9	0,0	3,6
Veneto	8.845	751	475	19,2	1,6	1,0	48,1	4,1	2,6	32,2	2,7	1,7
Friuli V. Giulia	2.812	512	210	23,7	4,3	1,8	35,8	6,5	2,7	38,6	7,0	2,9
Liguria	3.560	129	375	22,4	0,8	2,4	65,7	2,4	6,9	43,6	1,6	4,6
Emilia Romagna	9.123	1.178	568	22,5	2,9	1,4	41,2	5,3	2,6	36,0	4,6	2,2
Italia Settentrionale	61.276	4.395	3.312	23,5	1,7	1,3	51,1	3,7	2,8	39,2	2,8	2,1
Toscana	9.907	919	424	27,8	2,6	1,2	43,1	4,0	1,8	44,4	4,1	1,9
Umbria	3.634	593	59	42,8	7,0	0,7	43,0	7,0	0,7	64,7	10,6	1,1
Marche	6.046	512	168	40,6	3,4	1,1	62,4	5,3	1,7	64,6	5,5	1,8
Lazio	8.947	508	470	16,7	0,9	0,9	52,0	3,0	2,7	25,7	1,5	1,3
Italia Centrale	28.534	2.532	1.121	25,3	2,2	1,0	48,9	4,3	1,9	39,6	3,5	1,6
Abruzzo	6.128	959	352	47,4	7,4	2,7	56,7	8,9	3,3	80,1	12,5	4,6
Molise	2.269	528	36	69,7	16,2	1,1	51,1	11,9	0,8	128,0	29,8	2,0
Campania	8.348	1.347	442	14,3	2,3	0,8	61,4	9,9	3,3	27,1	4,4	1,4
Puglia	9.738	1.536	313	23,7	3,7	0,8	50,3	7,9	1,6	47,2	7,4	1,5
Basilicata	3.755	1.071	29	62,4	17,8	0,5	37,6	10,7	0,3	120,6	34,4	0,9
Calabria	8.450	1.390	295	41,6	6,8	1,5	56,0	9,2	2,0	80,6	13,3	2,8
Sicilia	15.841	2.253	632	31,2	4,4	1,2	61,6	8,8	2,5	56,8	8,1	2,3
Sardegna	7.231	1.239	0	44,0	7,5	0,0	30,0	5,1	0,0	81,1	13,9	0,0
Italia Meridionale	61.760	10.323	2.099	29,6	4,9	1,0	50,2	8,4	1,7	55,5	9,3	1,9
TOTALE	151.570	17.250	6.532	26,0	3,0	1,1	50,3	5,7	2,2	44,6	5,1	1,9

Tab.4 - Ripartizione regionale dell'estensione della rete stradale italiana (con esclusione delle strade comunali e vicinali) nel 2004 (Fonte: Conto Nazionale dei Trasporti)

Regioni	Abitanti	Superficie kmq	Strade Urbane km	Strade Extraurb. km	Strade Vicinali km	Totale Strade Comunali km	km Strade Urbane per 10.000 abitanti	km Strade Extraurb. per 10.000 abitanti	km Strade Vicinali per 10.000 abitanti	km Totale Strade per 10.000 abitanti	km Strade Urbane per 100 kmq	km Strade Extraurb. per 100 kmq	km Strade Vicinali per 100 kmq	km Totale Strade per 100 kmq
Piemonte	4.291.441	25.398	15.103	24.243	13.862	53.208	35,2	56,5	32,3	124,0	59,5	95,5	54,6	209,5
Valle d'Aosta	119.610	3.263	930	1.299	584	2.813	77,8	108,6	48,8	235,2	28,5	39,8	17,9	86,2
Lombardia	8.988.951	23.861	26.510	20.280	11.551	58.341	29,5	22,6	12,9	64,9	111,1	85,0	48,4	244,5
Trentino Alto Adige	924.281	13.607	4.221	9.870	2.892	16.983	45,7	106,8	31,3	183,7	31,0	72,5	21,3	124,8
Veneto	4.469.156	18.380	14.041	20.166	8.370	42.577	31,4	45,1	18,7	95,3	76,4	109,7	45,5	231,6
Friuli V. G.	1.184.654	7.844	4.304	5.377	4.092	13.773	36,3	45,4	34,5	116,3	54,9	68,5	52,2	175,6
Liguria	1.641.835	5.421	5.287	7.630	6.246	19.163	32,2	46,5	38,0	116,7	97,5	140,7	115,2	353,5
Emilia Romagna	3.947.102	22.123	11.839	24.365	13.140	49.344	30,0	61,7	33,3	125,0	53,5	110,1	59,4	223,0
Italia Settentrionale	25.567.030	119.897	82.235	113.230	60.737	256.202	32,2	44,3	23,8	100,2	68,6	94,4	50,7	213,7
Toscana	3.527.303	22.997	9.609	17.896	18.199	45.704	27,2	50,7	51,6	129,6	41,8	77,8	79,1	198,7
Umbria	831.714	8.456	2.557	7.301	10.963	20.822	30,7	87,8	131,8	250,4	30,2	86,3	129,6	246,2
Marche	1.450.879	9.693	5.161	10.930	6.901	22.992	35,6	75,3	47,6	158,5	53,2	112,8	71,2	237,2
Lazio	5.242.709	17.208	7.182	22.665	12.511	42.357	13,7	43,2	23,9	80,8	41,7	131,7	72,7	246,1
Italia Centrale	11.052.605	58.354	24.509	58.792	48.574	131.875	22,2	53,2	43,9	119,3	42,0	100,8	83,2	226,0
Abruzzo	1.276.040	10.799	5.521	16.102	8.081	29.704	43,3	126,2	63,3	232,8	51,1	149,1	74,8	275,1
Molise	329.894	4.438	1.549	5.350	3.736	10.635	47,0	162,2	113,2	322,4	34,9	120,5	84,2	239,6
Campania	5.796.899	13.596	10.924	19.119	11.696	41.739	18,8	33,0	20,2	72,0	80,3	140,6	86,0	307,0
Puglia	4.090.068	19.363	11.876	25.490	8.652	46.018	29,0	62,3	21,2	112,5	61,3	131,6	44,7	237,7
Basilicata	610.330	9.992	3.250	10.819	5.942	20.011	53,2	177,3	97,4	327,9	32,5	108,3	59,5	200,3
Calabria	2.070.992	15.080	9.522	22.257	10.909	42.688	46,0	107,5	52,7	206,1	63,1	147,6	72,3	283,1
Sicilia	5.108.067	25.707	14.468	23.675	11.201	49.344	28,3	46,3	21,9	96,6	56,3	92,1	43,6	191,9
Sardegna	1.661.429	24.090	7.925	17.315	15.217	40.457	47,7	104,2	91,6	243,5	32,9	71,9	63,2	167,9
Italia Meridionale	20.943.719	123.065	65.035	140.127	75.434	280.596	31,1	66,9	36,0	134,0	52,8	113,9	61,3	228,0
Totale Italia	57.563.354	301.316	171.779	312.149	184.745	668.673	29,8	54,2	32,1	116,2	57,0	103,6	61,3	221,9

Tab.4a - Ripartizione regionale delle strade comunali e vicinali in Italia nel 1999 (Fonte: Conto Nazionale dei Trasporti)

ANNI	LINEA A SEMPLICE BINARIO			LINEA A DOPPIO BINARIO			TOTALE RETE		
	In complesso	Elettrif.	% Elettrif.	In complesso	Elettrif.	% Elettrif.	In complesso	Elettrif.	% Elettrif.
1998	9.945	4.326	43,5	6.135	6.098	99,40	16.080	10.488	65,2
1999	9.889	4.302	43,5	6.203	6.169	99,45	16.092	10.661	66,3
2000	9.818	4.280	43,6	6.156	6.124	99,48	15.974	10.714	67,1
2001	9.805	4.275	43,6	6.230	6.200	99,52	16.035	10.864	67,8
2002	9.720	4.238	43,6	6.265	6.240	99,60	15.985	10.891	68,1

Tab.5.a - Gruppo F.S. – Evoluzione dell'estensione della rete ferroviaria italiana in esercizio (km) (Fonte: Conto Nazionale dei Trasporti)

ANNI	LINEA A SEMPLICE BINARIO			LINEA A DOPPIO BINARIO			TOTALE RETE		
	In complesso	Elettr.	% Elettr.	In complesso	Elettr.	% Elettr.	In complesso	Elettr.	% Elettr.
1998	3.206	1.098	34	243	217	89	3.448	1.315	38
1999	3.206	1.098	34	255	229	90	3.461	1.327	38
2000	3.226	958	30	217	207	95	3.443	1.165	34
2001	3.219	929	29	318	311	98	3.537	1.240	35
2002	3.228	956	30	304	297	98	3.532	1.253	35
2003	3.211	938	29	318	311	98	3.529	1.250	35
2004	3.209	941	29	348	343	98	3.557	1.282	36

Tab.6 - Evoluzione dell'estensione della rete ferroviaria in concessione e in gestione commissariale governativa (km) (Fonte: Conto Nazionale dei Trasporti)

Anni	Lunghezza esercizio (km)	Materiale rotabile (n)	Vkm (mgl)	Posti-km offerti (mgl)	Passeggeri (mgl)	Pkm (mgl)
1970	31	267	17.342	3.713.970	110.162	540.895
1975	37	367	20.395	4.422.950	167.579	920.009
1980	56	580	26.204	6.652.816	309.777	1.537.940
1895	78	640	49.802	10.513.603	423.600	2.133.161
1986	81	679	53.201	11.577.926	410.584	2.279.935
1987	81	727	55.724	11.819.411	425.083	2.369.874
1988	81	740	58.076	12.338.677	429.888	2.731.992
1989	81	801	58.586	12.392.243	430.362	2.554.093
1990	96	854	60.022	12.766.492	437.965	2.579.591
1991	102	954	69.858	14.881.575	503.967	3.531.553
1992	104	1.035	74.723	15.843.412	534.990	3.755.326
1993	109	1.091	76.059	16.165.668	542.837	3.751.265
1994	109	1.114	75.638	16.093.452	563.090	3.982.633
1995	113	1.099	76.351	16.469.480	570.991	4.084.790
1996	113	1.100	78.899	17.009.088	571.824	4.067.298
1997	113	1.126	77.921	16.839.122	571.648	4.145.525
1998	113	1.132	77.137	16.679.381	569.515	4.132.551
1999	121	1.009	78.483	16.953.753	576.149	4.166.833
2000	121	1.009	82.667	17.700.967	615.614	4.503.138
2001	126	1.009	82.659	17.699.541	615.916	4.506.539
2002	126	1.009	84.760	18.190.269	642.302	4.820.925
2003	127	1.040	85.657	18.742.577	659.576	4.982.054

(*) Dal 1985 sono incluse le linee "Adda" dell'ATM di Milano

Tab.7 – Metropolitane (*): estensione della rete, materiale rotabile, traffico
– Anni 1970, 1975, 1980; 1985-2003 (Fonte: Conto Nazionale dei Trasporti)

Infrastrutture di rete	Estensione (km)
Ferrovie dello Stato	15.985
Ferrovie concesse	3.586
Autostrade	6.478
Raccordi autostradali	329
Strade statali	45.556
Strade provinciali	114.691
Strade comunali	668.673
Oleodotti	4.178
Navigazione interne	1.460
Metropolitane	121
Funicolari	15
Funivie	2.348
Tranvie urbane	373
Tranvie extraurbane	25
TOTALE	863.818

Tab.8 - Dotazione di infrastrutture di rete in Italia nel 2000
(Fonti: ANFIA, Conto Nazionale dei Trasporti, Trasporti in Italia)

Cap.06

Livello funzionale della rete	Rete (strade)			
	Primaria (A-B-D)	Principale (B-D)	Secondaria (C-E)	Locale (E)
Primaria	PR-O	PR-D	PR-D	-
Principale	PR-D	PN-O	PN-D	-
Secondaria	PR-D	PN-D	SC-O	SC-D
Locale	-	-	SC-D	LC

PR-O = Primaria omogenea

PN-D = Principale disomogenea

LC = Locale

PR-D = Primaria disomogenea

SC-O = Secondaria omogenea

PN-O = Principale omogenea

SC-D = Secondaria disomogenea

Tab.4 – Schema delle possibili connessioni e loro denominazione

Figure

Cap.04

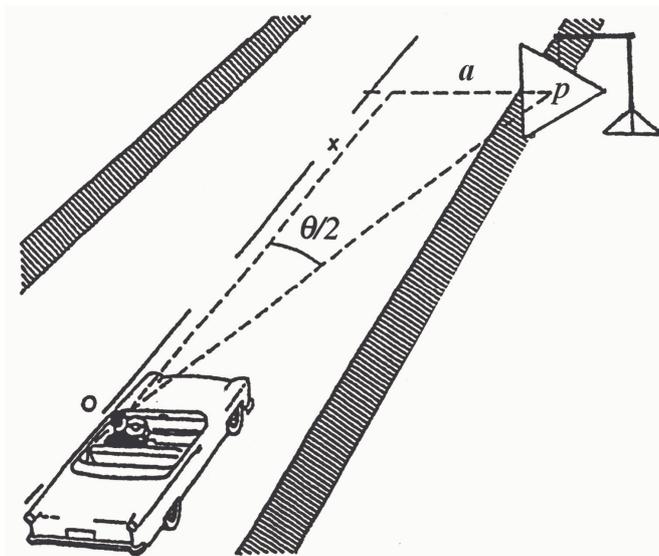


Fig. 6 – Distanza laterale di un ostacolo dalla traiettoria di un veicolo
(figura modificata da [7])

Cap.07

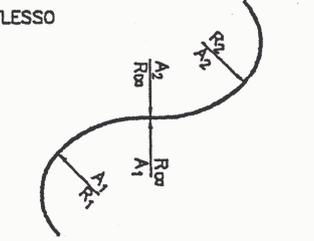
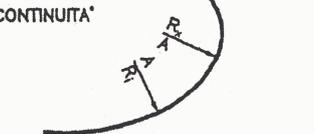
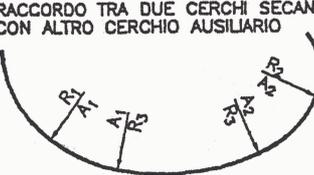
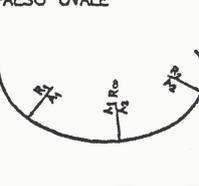
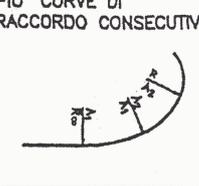
TIPOLOGIA	LIMITI	
<p>TRANSIZIONE</p> 	$A_1 > A_{min}$ $A_2 > A_{min}$ $\frac{R}{3} < A_1 < R$ $\frac{R}{3} < A_2 < R$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$	
<p>FLESSO</p> 	$R_2 < R_1$ $A_1 > A_{min}$ $A_2 > A_{min}$ FLESSO ASIMMETRICO $A_1 \neq A_2$ $\frac{R_1}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_2}{3} < A_2 < R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$ FLESSO SIMMETRICO $A_1 = A_2 = A$ $\frac{R_1}{3} < A < R_2$	
<p>CONTINUITA'</p> 	$R_x < R_1$ R_x all'interno di R_1 , ma non concentrico $A_{min} < A$ $\frac{R_1}{3} < A < R_x$	
<p>RACCORDO TRA DUE CERCHI SECANTI CON ALTRO CERCHIO AUSILIARIO</p> 	$A_1 > A_{min}$ $A_2 > A_{min}$ $\frac{R_3}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_3}{3} < A_2 < R_2$ $R_1 > R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$ $R_1 < R_3 \leq 3R_2$	
<p>CASI DA EVITARE</p>		
<p>TRANSIZIONE SENZA IL CERCCHIO</p> 	<p>FALSO OVALE</p> 	<p>PIU' CURVE DI RACCORDO CONSECUTIVE</p> 

Fig. 16 – Indicazioni e limitazioni relative ai raccordi clotoidici [8]

Cap.08

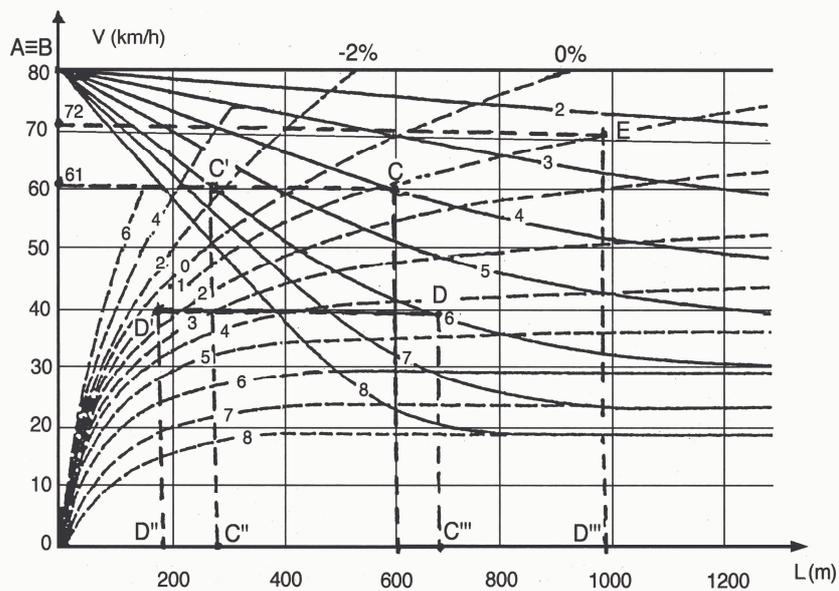
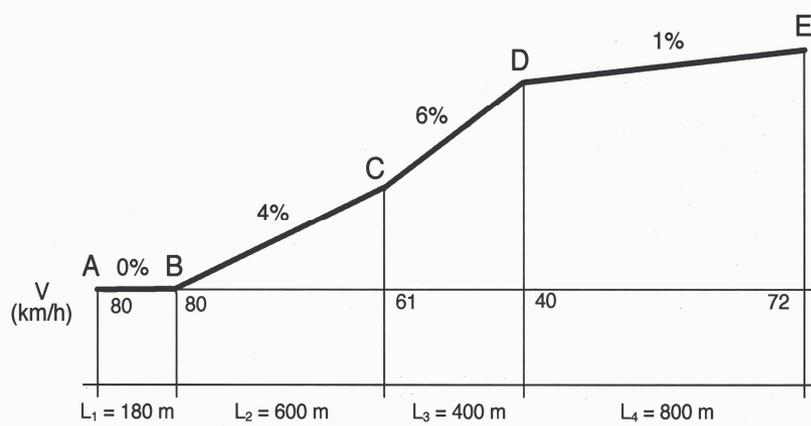


Fig. 4a – Determinazione dell'andamento delle velocità lungo una successione di livellette per un autocarro medio con velocità iniziale $V_i = 80$ km/h

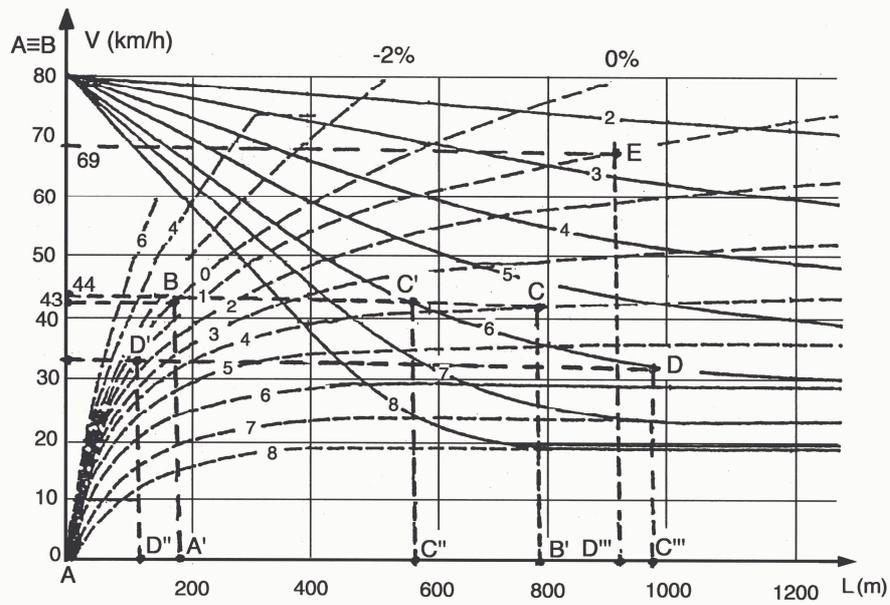
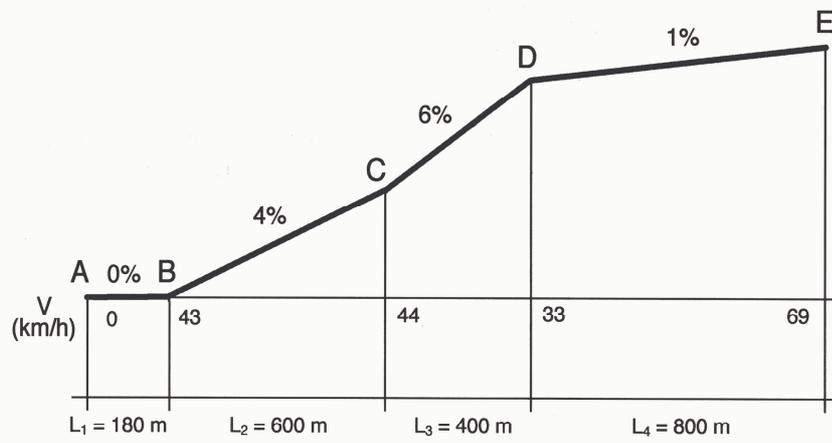


Fig. 4b – Determinazione dell'andamento delle velocità lungo una successione di livellette per un autocarro medio con velocità iniziale $V_i=0$ km/h

Cap.09

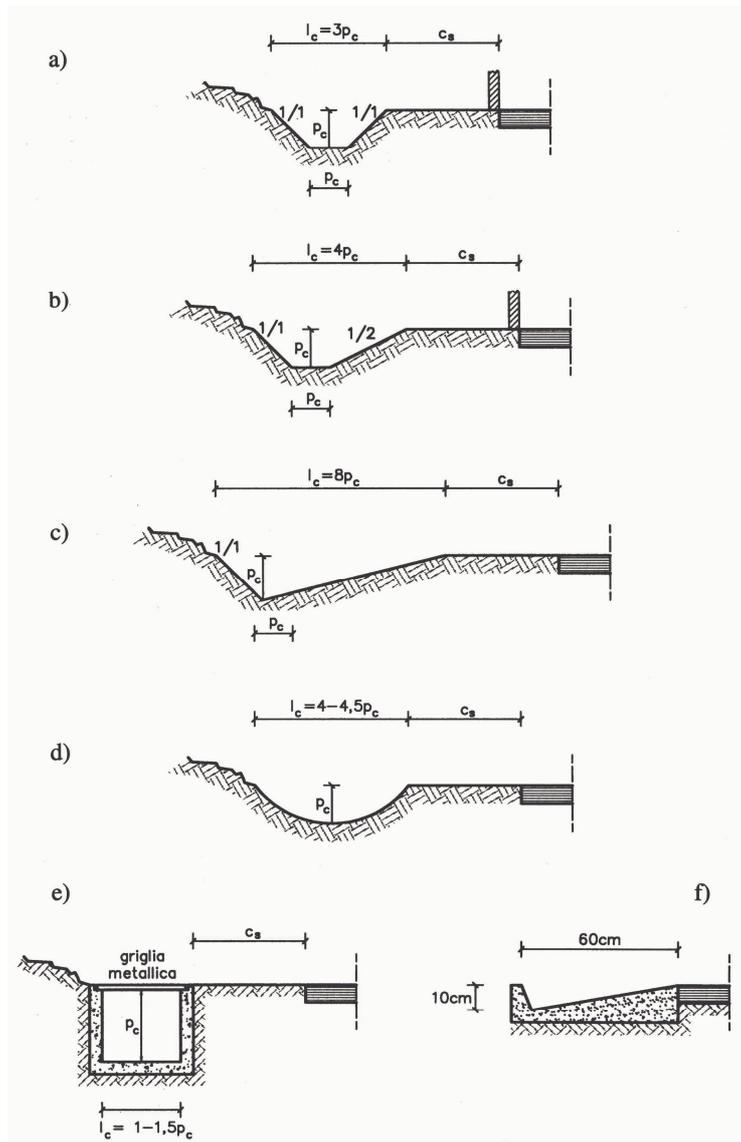


Fig. 10 – tipi di cunette: a) e b) trapezie; c) triangolare (o francese); d) circolare prefabbricata in c.a.v.; e) prefabbricata in c.a.v. con griglia metallica; f) per strade urbane tipo E ed F

Cap.12

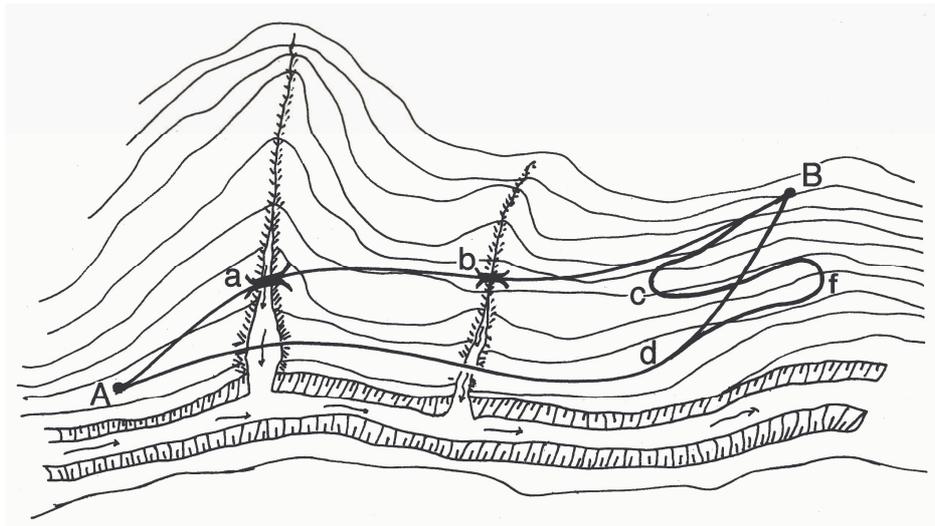


Fig. 2 – Esempio di scelta tra tracciati alternativi

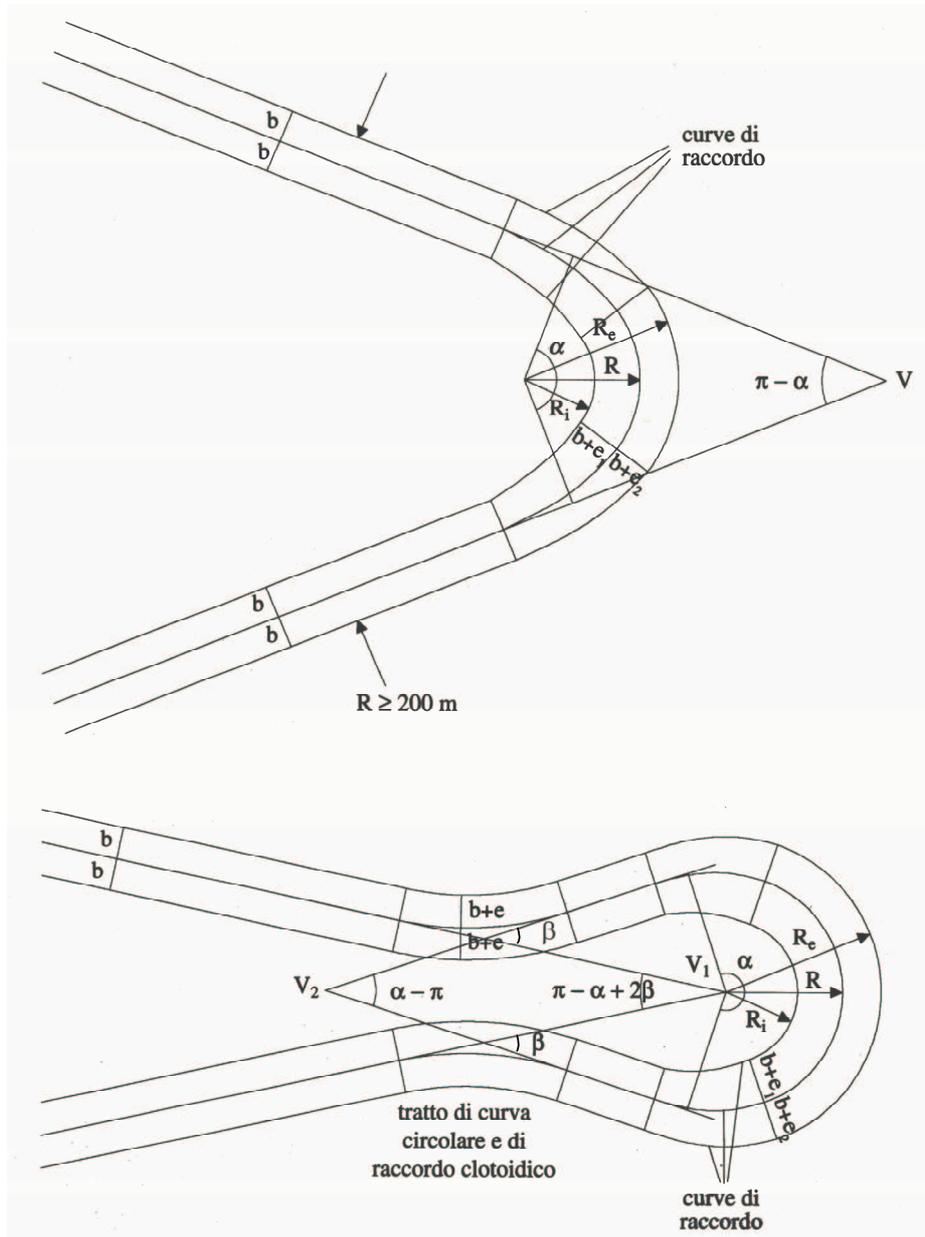


Fig. 4 – Esempi di tornanti

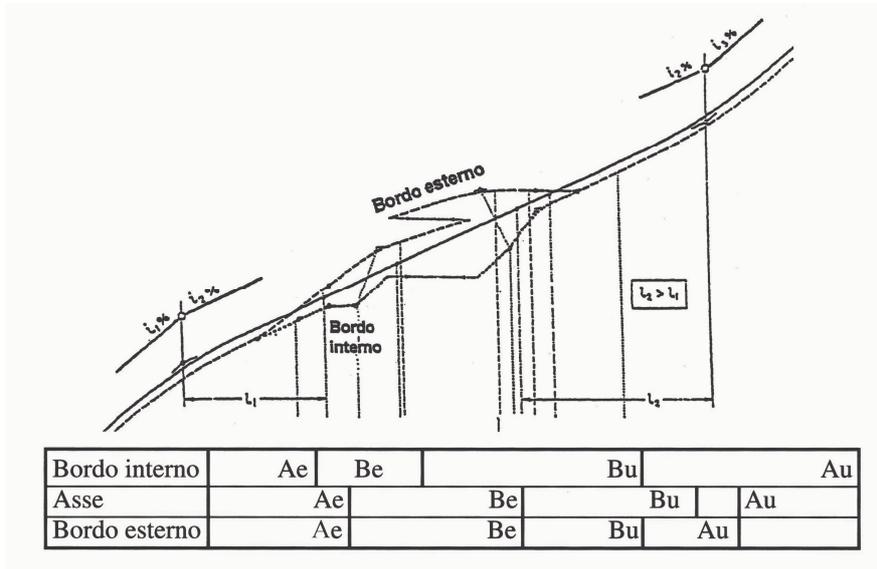


Fig. 6 – Andamento altimetrico in corrispondenza di un tornante [8]

Integrazione Cap.10

Da rigo 26 pag.174 fino a pag.178 dopo Tab.2

Occorre dire, a questo punto, che ad oggi (2005) sono state progettate, ed in parte costruite, in base a queste norme, solo alcune strade e nessuna di queste strade è in esercizio; solo nei prossimi anni potrà sperimentalmente verificarsi quanto sopra ipotizzato per quanto riguarda la sicurezza.

Un discorso diverso va fatto per le strade esistenti anche se progettate in base alla normativa del 1980 [10]. Infatti, come evidenziato nel Cap.7, i valori di V_{pmax} , ad eccezione delle strade tipo I e II, erano in generale bassi (cfr. Tab.1 Cap.7); e c'è comunque da considerare che la gran parte della viabilità ordinaria è stata realizzata ancora prima.

Per questi motivi è stato suggerito di costruire il diagramma delle velocità non in base alle velocità di progetto (che per le strade esistenti sono spesso non note), ma con riferimento alla cosiddetta V_{85} . Questa, già menzionata in capitoli precedenti, viene attualmente definita come “l’ottantacinquesimo percentile della distribuzione delle velocità delle sole autovetture in condizioni di flusso libero, strada asciutta e tempo buono”; rappresenta, quindi, quel valore della velocità che, nelle condizioni specificate, viene superato solo dal 15% delle autovetture. Tale velocità, come è intuitivo, dipende da numerosi fattori, quali il tipo di strada, le caratteristiche geometriche, le abitudini di guida degli utenti, mentre sembrano essere di scarsa influenza la condizione asciutta o bagnata della pavimentazione, purché il velo idrico abbia spessore dell’ordine di 0,5 mm e la pioggia non sia intensa. Nella Fig.12, tratta da [8], sono riportate le curve cumulate $F(V)$ delle distribuzioni delle velocità delle sole autovetture misurate in corrispondenza di due curve con differenti velocità di progetto V_p , differenti valori del raggio R e della pendenza trasversale q , appartenenti a strade ad unica carreggiata. Si osserva la modesta differenza tra le condizioni di strada asciutta e strada bagnata ed inoltre come l’85° percentile sia maggiore della velocità di progetto (di oltre il 50% nella curva di raggio minore) e che solo una piccola percentuale di utenti percorre la curva a velocità non superiore alla velocità di progetto.

Le numerose ricerche sperimentali condotte in molti Paesi hanno evidenziato che la circostanza $V_{85} > V_p$ si verifica sempre per tutti i tipi di strade anche se la differenza tra le due velocità tende a ridursi per strade a doppia carreggiata con elevata velocità di progetto.

Per quanto sopra detto, si riconosce attualmente l’opportunità di riferirsi alla V_{85} (che molti autori ritengono possa assimilarsi alla cosiddetta velocità operativa) per la costruzione dei diagrammi di velocità e per il controllo degli

elementi geometrici che maggiormente influiscono sulla sicurezza, in particolare visuali libere e sopraelevazioni in curva.

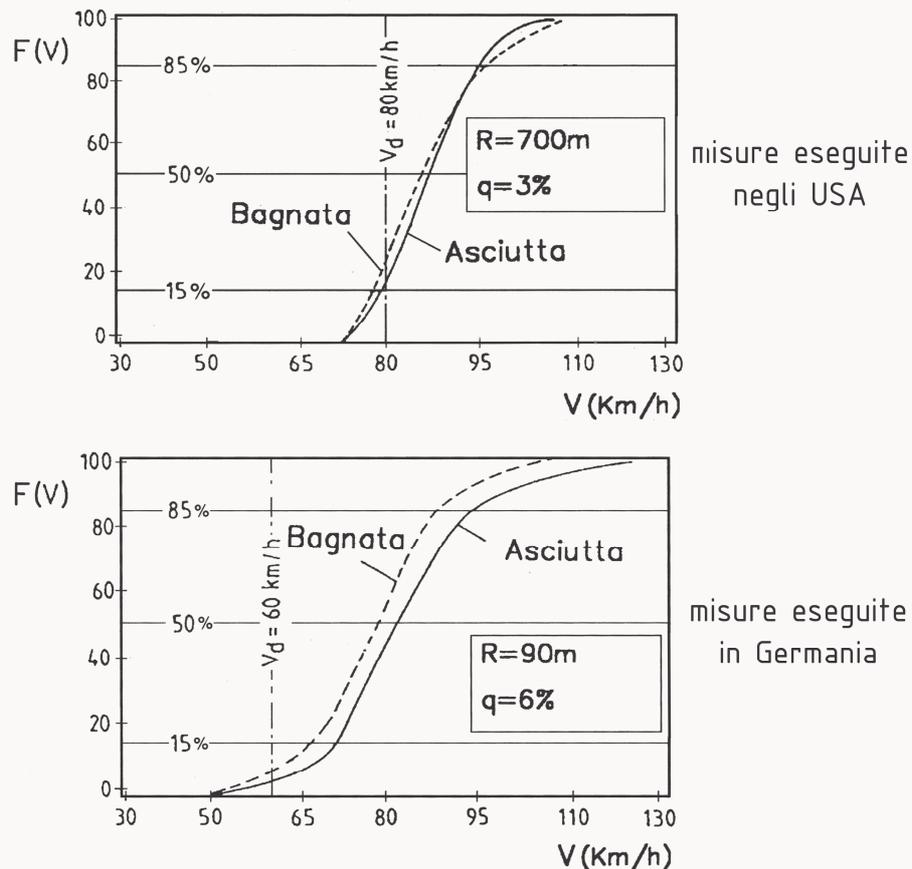


Fig.12 – Curve cumulate della distribuzione delle velocità delle sole autovetture in corrispondenza di due curve di strade a due corsie [8]

Quanto sopra detto giustifica il notevole interesse che da alcuni anni, in molti Paesi, si è manifestato per la conoscenza delle velocità effettivamente attuate dagli utenti; sono state condotte numerosissime ricerche volte a mettere a punto modelli previsionali delle velocità operative (V_{85}) in funzione delle caratteristiche tecniche delle strade.

Si tratta cioè di ricercare, con opportune metodologie statistiche, relazioni in media tra velocità misurate e caratteristiche geometriche in grado di spiegare la variabilità dei dati.

Le innumerevoli indagini sperimentali hanno evidenziato l'influenza preponderante dell'andamento planimetrico, mentre modeste sono le variazioni dovute alla larghezza (aumenti del 5÷10% per corsie da 3,00 m a 3,60 m) ed ancora meno influente appare l'andamento longitudinale purché le pendenze non superino il 6%.

A caratterizzare l'andamento planimetrico può utilizzarsi, oltre al raggio di curvatura R del tratto circolare, il grado di curvatura DC definito come l'angolo (in gradi sessadecimali) sotteso da un arco di curva circolare lungo 100 m:

$$DC = \frac{100}{R} \cdot \frac{180}{\pi} \cong \frac{5732,5}{R} \quad (R \text{ in m}) \quad (2)$$

Più frequentemente usato è il CCR (Curvature Change Rate = tasso di variazione di curvatura) che rappresenta la deviazione angolare tra rettifili rapportata alla lunghezza del tratto curvilineo incluse le clotoidi se presenti

$$CCR = \frac{\left(\frac{L_1 + L_2}{2R} + \frac{L_c}{R} \right)}{L} \cdot \frac{200}{\pi} \quad (\text{gradi cent./m}) \quad (3)$$

in cui L_1 e L_2 sono le lunghezze degli archi di clotoide, L_c è la lunghezza del tratto circolare, $L = L_1 + L_2 + L_c$ ⁽¹⁾.

Per quanto riguarda i modelli proposti, si osserva che per le strade a doppia carreggiata in ambito extraurbano (strade A e B) esistono pochi studi; ci si può avvalere di quanto suggerito da Lamm [8] sulla base di osservazioni condotte in Germania assumendo

$$V_{85} = V_p + \Delta V \quad (4)$$

in cui $\Delta V = 20$ km/h per velocità di progetto $V_p > 100$ km/h e $\Delta V = 30$ km/h per velocità di progetto $V_p < 100$ km/h.

Per contro, è soprattutto sulle strade a due corsie che si sono concentrate le indagini sperimentali poiché qui sono maggiori le differenze tra velocità operative e velocità di progetto.

Sono stati quindi sviluppati numerosi modelli tutti derivanti da regressioni su dati sperimentali ottenuti misurando le velocità delle vetture su vari tipi di strade a due corsie in condizioni di flusso libero e con pendenze di norma inferiori al 6%.

Molti di questi modelli utilizzano, per la previsione della V_{85} in curva, solo il parametro caratterizzante la curva (R, DC, CCR); altri tengono conto anche della larghezza della carreggiata.

Se ne citano, solo per motivi storici, alcuni tra i più noti (V_{85} in km/h e CCR

⁽¹⁾ In alcuni Paesi, soprattutto in Germania, la misura dell'angolo in gradi centesimali è indicata con gon.

in gradi cent./m):

- McLean (1978)

$$V_{85} = 101,2 - 1,56 \cdot DC \quad \rho^2 = 0,87 \quad (5)$$

- Lamm e altri (1993)

$$V_{85} = \frac{10^6}{8270 + 8010 \cdot CCR} \quad \rho^2 = 0,73 \quad (6)$$

- Ottesen e Krammers (1994)

$$V_{85} = 103,4 - 1,94 \cdot DC \quad \rho^2 = 0,80 \quad (7)$$

- Psarianos (1994)

$$V_{85} = \frac{10^6}{10150,1 + 8529 \cdot CCR} \quad \rho^2 = 0,81 \quad (8)$$

- SETRA (1994)

$$V_{85} = \frac{102}{1 + 346 \cdot \left(\frac{CCR}{63,7}\right)^{1,5}} \quad (9)$$

- Capaldo e Grossi (2001)

$$V_{85} = 120 - 2,3 \cdot |i| - \frac{3500}{R} \quad (10)$$

unica a tener conto della pendenza longitudinale espressa in per cento e valida per raggi maggiori di 200 m.

Successivamente si è constatato che risultavano più aderenti alla realtà modelli che tenevano conto anche della velocità sull'elemento precedente la curva in esame. Molti di questi modelli, che per brevità non si riportano, possono essere trovati in [8] o in [2].

Attualmente i modelli più accreditati sono quelli che, in uno alle caratteristiche dell'elemento (curva o rettilineo), fanno intervenire, come ulteriore parametro, la cosiddetta velocità ambientale V_A : introdotta nel 1981 da McLean, essa è stata successivamente recepita dalla normativa australiana, ed è definita come "il valore massimo fra le velocità operative (V_{85}) misurate nei rettilineari più lunghi o nelle curve di più ampio raggio, appartenenti ad un unico tratto omogeneo". Essa può essere ritenuta coincidente con l'85° percentile della velocità desiderata, ossia la velocità che i guidatori scelgono di tenere lungo un tratto di una determinata strada quando non sono condizionati né dal traffico, né dalle caratteristiche geometriche, né da avverse condizioni meteorologiche.

Fra i modelli che utilizzano per la previsione della V_{85} , oltre alle caratteristiche geometriche del singolo elemento, la velocità ambientale, si

riportano quelli messi a punto dai ricercatori dell'Università di Trieste [2] [3].

Essi hanno, in primo luogo, ricercato una relazione (modello) tra la velocità ambientale V_A e le caratteristiche di tronchi omogenei di una assegnata strada. Per individuare i tronchi con caratteristiche omogenee si è fatto riferimento al criterio contenuto nella normativa tedesca consistente nel diagrammare la somma progressiva delle deviazioni angolari planimetriche α_i in funzione dello sviluppo del tracciato individuando i tratti con tasso di variazione di curvatura costante in media CCR_m . In Fig.13 è riportato un esempio di tale diagramma; in esso i segmenti orizzontali rappresentano tratti rettilinei, mentre quelli inclinati rappresentano le deviazioni angolari $\alpha_i^{(2)}$. È agevole individuare le rette che meglio interpolano la spezzata $\Sigma\alpha_i$ i cui coefficienti angolari forniscono i cercati CCR_m ottenendo, infine, la suddivisione in tronchi omogenei. Il CCR_m così trovato è, in definitiva, una misura del grado di tortuosità del tronco.

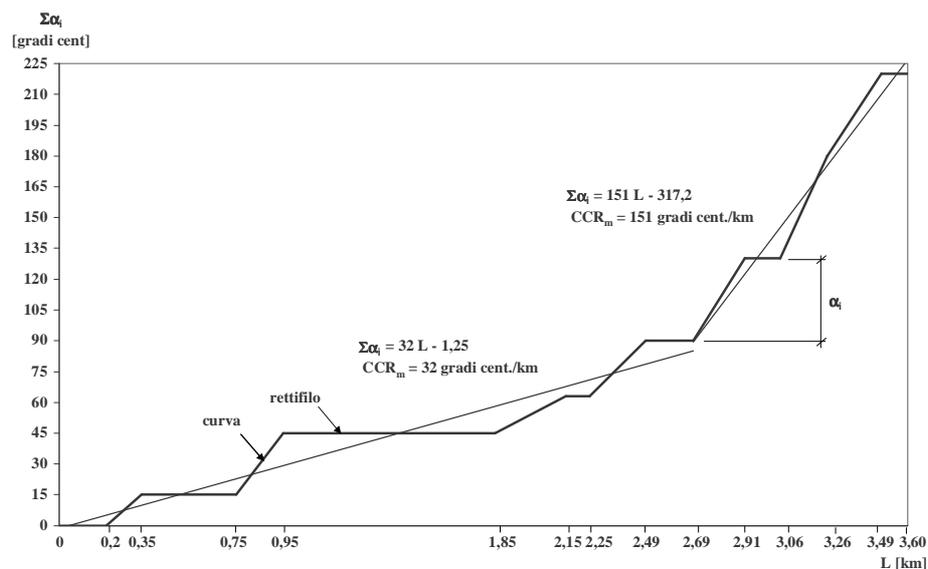


Fig.13 – Esempio di diagramma della somma progressiva della deviazioni angolari planimetriche α_i in funzione dello sviluppo del tracciato

Utilizzando questo criterio i ricercatori dell'Università di Trieste hanno individuato undici tronchi omogenei appartenenti a sei strade della regione Friuli Venezia Giulia ed hanno effettuato numerose misure di caratteristiche

⁽²⁾ L'incremento di deviazione angolare può assumersi lineare anche se, a rigore, non lo è in corrispondenza di clotoidi.

geometriche e di velocità.

L'elaborazione dei risultati ottenuti ha condotto alla formulazione di modelli di previsione della velocità ambientale V_A e della velocità operativa (V_{85}) in curva ed in rettilineo.

Si riportano, fra i modelli proposti, quelli che hanno mostrato il migliore adattamento ai dati sperimentali.

- Velocità ambientale V_A

$$V_A = 182,84 \cdot (CCR_m)^{-0,15} \quad \rho^2 = 0,89 \quad (11)$$

- Velocità operativa in curva di raggio R

$$V_{85c} = V_A \cdot \left(1 - \frac{V_A^2}{298,27 \cdot R} \right) \quad \rho^2 = 0,89 \quad (12)$$

La formula fornisce valori poco attendibili per valori di raggi inferiori a 70÷80 m e superiori a 2000÷2100 m.

- Velocità operativa in rettilineo

$$V_{85t} = V_{85cp} + 0,081 \cdot L_t^{0,75} \quad \rho^2 = 0,67 \quad (13)$$

in cui V_{85cp} è la velocità operativa nella curva che precede il rettilineo di lunghezza L_t (in m).

Se risulta $V_{85t} \geq V_A$ si assume in ogni caso $V_{85t} = V_A$ e si parla di rettilineo "indipendente", mentre in caso contrario si dice che il rettilineo è "dipendente".

Si riportano, infine, i risultati ottenuti in una ricerca che il Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" ha condotto su alcune strade della provincia di Salerno.

I numerosi dati processati (oltre 15000 determinazioni di velocità dei soli veicoli leggeri in condizioni di flusso libero) hanno consentito di formulare le seguenti relazioni [4]:

- Velocità ambientale V_A

$$V_A = 117,33 \cdot (CCR_m)^{-0,07} \quad \rho^2 = 0,84 \quad (14)$$

- Velocità operativa in curva di raggio R

$$V_{85c} = 36,85 - 2128,18 \cdot \left(\frac{1}{R} \right) + 40094,49 \cdot \left(\frac{1}{R} \right)^2 + 0,46 \cdot V_A \quad \rho^2 = 0,75 \quad (15)$$

La formula fornisce valori poco attendibili per valori di raggi inferiori a 70÷80 m e superiori a 2000÷2100 m.

- Velocità operativa in rettilineo

$$V_{85t} = 0,53 \cdot V_{85cp} + 10,59 \cdot L_t^{0,24} \quad \rho^2 = 0,75 \quad (16)$$

A questo punto va precisato, come è stato osservato da vari ricercatori ([3], [6], [9]), che, per completare in modo realistico il diagramma delle velocità

operative occorrerebbe conoscere i valori delle accelerazioni e delle decelerazioni attuate dagli utenti nei tratti di transizione in cui avvengono le variazioni di velocità e dove queste variazioni hanno inizio.

L'acquisizione sperimentale di questi dati non è agevole e non è possibile, ad oggi, fornire valori.

Si segnala in proposito che in Francia si sta mettendo a punto un metodo per stimare il profilo delle velocità lungo un tronco omogeneo nel suo complesso [9].

Per il momento si può seguire quanto indicato nelle norme italiane assumendo accelerazioni e decelerazioni pari a $0,8 \text{ m/sec}^2$.

Una volta costruito il diagramma delle V_{85} utilizzando le (11), (12) e (13), per la verifica del tracciato si può fare riferimento ai tre criteri suggeriti da Lamm ed altri [8] sintetizzati nella Tab.2.

Criterio	Campi di definizione della progettazione		
	Ottimo	Medio	Scadente
I	$ V_{85\ i} - V_{85\ i+1} \leq 10$	$ V_{85\ i} - V_{85\ i+1} \leq 20$	$ V_{85\ i} - V_{85\ i+1} > 20$
II	$ V_{85} - V_p \leq 10$	$ V_{85} - V_p \leq 20$	$ V_{85} - V_p > 20$
III	$(f_{td} - f_{tr}) \geq 0$	$-0,04 \leq (f_{td} - f_{tr}) < 0$	$(f_{td} - f_{tr}) < -0,04$

Tab.2 – Criteri di Lamm e altri per la verifica dell'andamento planimetrico (velocità espresse in km/h) [8]

Riferimenti bibliografici (Cap.10)

- [1] AASHTO, “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”, Washington D.C., 2000
- [2] B. Crisman, A. Marchionna e al., “Modello di previsione delle velocità praticate dagli utenti attraverso la definizione di una velocità ambientale”, XIII Convegno Nazionale S.I.I.V., Padova, ottobre 2003
- [3] B. Crisman, A. Marchionna , “Operating Speed Prediction Model for Two-Lane Rural Roads”, 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, Chicago, June 29-July 1, 2005
- [4] G.Dell’Acqua, T.Esposito, R.Lamberti, “Modelli di previsione delle velocità operative su strade extraurbane a due corsie”, Le Strade, n°9/2007
- [5] P. Ferrari, F. Giannini, “Geometria e Progetto di Strade”, ISEDI, 1996
- [6] Y. Hassan, “Highway Design Consistency – Refining the State of Knowledge and Practice”, TRB 2004 Annual Meeting, Washington, 2004
- [7] C. Kraemer, S. Rocci, V. Sanchez Blanco, “Trazado de Carreteras”, Madrid, 2000
- [8] R. Lamm, B. Psarianos, T. Mailaender, “Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook”, McGraw Hill, N.Y., 1999
- [9] G. Louah, “The Accuracy of a Speed Profile Estimation Method Combining Continuous and Spot Speed Measurements”, Proceedings “Road Safety on Four Conference”, Warsaw (Poland), 5-7 october 2005
- [10] “Norme sulle Caratteristiche Geometriche delle Strade Extraurbane”, Boll. Uff. C.N.R. n° 78, 1980
- [11] “Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade”, D.M. 05/11/2001, Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, Roma, 2001, S.O. G.U. n° 3 del 04/01/2002 – Serie Generale
- [12] Union des Professionnels Suisses de la Route SN/VSS II, Zurigo