

ACCELERAZIONE E DECELERAZIONE IN CURVA:INDAGINE SPERIMENTALE

*Gianluca Dell'Acqua - Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti "Luigi Tocchetti"
Università degli Studi di Napoli Federico II
gianluca.dellacqua@unina.it*

*Francesca Russo - Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti "Luigi Tocchetti"
Università degli Studi di Napoli Federico II
francesca.russo2@unina.it*

*Tommaso Esposito - Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti "Luigi Tocchetti"
Università degli Studi di Napoli Federico II
tomesp@unina.it*

*Renato Lamberti - Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti "Luigi Tocchetti"
Università degli Studi di Napoli Federico II
renato.lamberti@unina.it*

SOMMARIO

La rilevanza degli studi sulle velocità operative, attestata dalla notevole produzione scientifica nazionale ed internazionale, discende dalla necessità dei progettisti di verificare la congruenza dei tracciati stradali ai fini della sicurezza della percorrenza. In tale ambito di ricerca notevole interesse riveste lo studio del comportamento dell'utente in ingresso ed in uscita dalla curve circolari. Nella memoria sono illustrati i primi risultati conseguiti nel corso di indagini sperimentali condotte su strade a due corsie prive di raccordi clotoidici. La sperimentazione è stata finalizzata al tracciamento dei diagrammi delle velocità continui lungo i tronchi di transizione rettifilo-curva-rettifilo dai quali sono state desunte le lunghezze degli stessi, la ripartizione percentuale di questi tra curve e rettifili ed i tassi di accelerazione e decelerazione.

Parole chiave: Diagramma delle velocità, congruenza dei tracciati, regolarità di marcia

1. STATO DELL'ARTE

Il notevole peso delle caratteristiche geometriche e funzionali di una rete viaria sul comportamento di guida degli utenti è stato diffusamente analizzato attraverso studi teorico-sperimentali dei fattori che condizionano maggiormente le velocità di percorrenza di un tracciato. Le caratteristiche plano-altimetriche dei tracciati stradali, le specificità del veicolo in marcia, le ragioni dello spostamento, le caratteristiche ambientali e di traffico, i limiti di velocità nonché le peculiarità della zona esaminata sono le principali caratteristiche prese in esame per la valutazione del comportamento dei guidatori come illustrato dai numerosi lavori scientifici presenti nella letteratura scientifica internazionale. L'85° percentile della distribuzione di velocità in condizione di flusso libero - V_{85} - è tipicamente usato come parametro rappresentativo della velocità operativa, così come suggerito dal Manual on Uniform Traffic Control Device (2004). La velocità operativa è la velocità alla quale gli utenti marcano in condizioni di flusso libero (AASHTO, 2004; Bassani, Santagata, 2006). Il tema del comportamento di guida degli utenti in approccio ed in uscita dalle curve è stato esaminato da numerosi autori, tra i quali Choueiri e Lamm (1987) che hanno stimato un valore del tasso di accelerazione e decelerazione pari a 0.85 ms^{-2} con rilevamenti di velocità nel New York State. Collins e Krammes (1996), rilevando le velocità con sensori fotoelettrici ad infrarosso su 10 tronchi stradali extraurbani nel Texas, hanno confermato che un valore medio del tasso di decelerazione pari a 0.59 ms^{-2} non è significativamente differente da 0.85 ms^{-2} mentre il valore medio osservato di 0.29 ms^{-2} per il tasso di accelerazione è statisticamente differente da 0.85 ms^{-2} . Gli autori hanno, inoltre, riscontrato che il moto decelerato non interessa esclusivamente il rettilineo ma coinvolge lo stesso elemento circolare attiguo. Said, Hassan ed El Halim (2007) hanno indagato una serie di parametri tra cui la traiettoria disegnata dal veicolo e l'angolo di sterzata. Krammes ed Ottesen (2000), Fitzpatrick e Collins (2000) hanno ipotizzato, nel corso di una loro analisi teorico-sperimentale, che il moto vario si sviluppa esclusivamente sui tronchi rettilinei prossimi alle curve percorse, invece, a velocità costante. Gli studi di Figueroa e Tarko (2005), invece, indicano che i tratti di decelerazione ed accelerazione si sviluppano, rispettivamente, in rettilineo per il solo 65.5% e 71.6%. La normativa italiana (2001) fissa in $0,80 \text{ ms}^{-2}$ il valore medio del tasso di accelerazioni e decelerazioni per la redazione del diagramma di velocità di progetto. Perco e Robba, a seguito di una campagna di misure di velocità effettuata su 10 tronchi di transizione, individuati su strade extraurbane a due corsie nella Provincia di Trieste (2005), determinano un tasso di decelerazione di $0,86 \text{ ms}^{-2}$. Hirshe ha dimostrato che la differenza tra le velocità operative sottostima la reale riduzione di velocità. Mc Fadden J. ed Elefteriadou L. (2000) hanno confermato i risultati conseguiti da Hirshe con una indagine sperimentale condotta su un campione di 21 siti di cui 9 ricadenti nel Texas e 12 in Pensilvania. I ricercatori hanno stimato per ciascun sito una serie di parametri tra i quali 85S2 (differenza di velocità tra V_{85} centro rettilineo e V_{85} centro curva), 85S9 (differenza tra il massimo valore di V_{85} rilevato sul rettilineo di approccio ed il più piccolo valore di V_{85} in curva), 85MSR (85° percentile della distribuzione delle massime riduzioni di velocità attinte dagli utenti in corrispondenza di ciascun sito esaminato). Analogamente Nie ed

Hassan (2007), reclutando trenta utenti di età compresa tra venti e cinquanta con esperienza di guida maggiore di cinque e poco meno inferiore a diciassette anni, hanno condotto una campagna sperimentale di rilievo delle velocità con l'ausilio di un veicolo test, equipaggiato di strumenti elettronici, su un tracciato stradale di circa 100 km, raggruppando strade di tipo urbano ed extra-urbano. Gli autori propongono, per l'analisi del comportamento di guida dell'utente in approccio ed in uscita curva, uno studio limitato ad un tronco stradale dai 200 metri che precedono la sezione d'inizio-curva ai successivi 200 metri che seguono la sezione fine-curva. I parametri che gli studiosi hanno stimato nel corso della loro ricerca sono ΔV_{85} (differenza di V_{85} tra la sezione di approccio curva e quella di centro curva), $\Delta 85V$ (85° percentile della massima riduzione di velocità attinta da ciascun utente, per sito, tra la sezione di approccio curva e quella di centro curva), 85MSR (85° percentile della massima riduzione di velocità attinta da ciascun utente per sito misurata come differenza tra il massimo valore di velocità sul rettilineo di approccio curva ed il minimo valore attinto in curva), 85MSI (85° percentile del massimo incremento di velocità attinto da ciascun utente per sito misurato come differenza tra il massimo valore di velocità sul rettilineo di allontanamento curva ed il minimo valore attinto in curva).

2. SPERIMENTAZIONE

La procedura di acquisizione dei dati si articola in tre attività (Dell'Acqua, 2008): selezione e taratura della strumentazione, individuazione delle strade da esaminare e rilievo delle caratteristiche plano-altimetriche, analisi delle misure di velocità. Lo strumento adoperato per il rilievo delle velocità è un Light Detection and Ranging "KV Laser" di produzione "SODI" Scientifica. Il principio di funzionamento del KV Laser è fondato sull'emissione e la ricezione di una coppia di raggi laser, indirizzati perpendicolarmente all'asse stradale. Le velocità istantanee dei mezzi sono stimate a partire dalla misura dell'intervallo temporale nel passaggio tra due successive fotocellule. Il KV Laser è composto da un software per l'acquisizione dei dati, una batteria ricaricabile e dispositivi accessori per l'installazione. Il Lidar gun è stato montato esclusivamente su treppiedi posti ai margini della carreggiata. Lo strumento registra per ciascun passaggio veicolare l'istante di transito (data, ora, minuti e secondi), la velocità (in km/h), la lunghezza (in metri), la direzione di marcia. Le misure di velocità condotte non sono esenti da errori riconducibili a due circostanze:

- intervallo temporale inferiore a 0,5 secondi tra passaggi di veicoli, in direzione di marcia opposta, in corrispondenza della medesima stazione di misura;
- asse della coppia dei raggi laser proiettato su superfici a basso potere di rifrazione.



Figura 1 – Strumentazione impiegata

La rete di studio

La rete di studio è stata identificata all'interno della viabilità ordinaria della Provincia di Salerno. La campagna sperimentale è stata realizzata in condizioni di flusso libero, luce diurna e strada asciutta sulle strade provinciali SP 30b, SP 52, SP 312, SP 262 e sulla strada statale SS 426. L'andamento planimetrico delle strade è scorrevole con rettili di notevole lunghezza, assenza di curve di transizione e pendenze pressoché nulle. Il volume di traffico, durante le ore di rilevamento, non ha mai superato sulle strade interessate i 400 veicoli/ora. Le caratteristiche geometriche dei tracciati sono state ricostruite con l'impiego di software dedicati ed i dati sono stati analizzati mediante codici di calcolo sviluppati ad hoc (Dell'Acqua, 2008).

Tabella 1.a – Statistica delle caratteristiche dei rettili esaminati

	Larghezza carreggiata [m]	Raggio curva che precede [m]	CCRs curva che precede [gon/km]	sviluppo elemento[m]	CCR medio tronco omogeneo [gon/km]	V _{media} [km/h]	V ₈₅ [km/h]
valore medio	6,49	184	534,29	2225,92	44,26	57,18	75,28
valore massimo	12,56	450	2529,21	4699,00	159,28	78,43	102,65
valore minimo	4,80	25	141,47	65,37	9,60	40,29	50,25
deviazione standard	1,16	101	494,26	1516,78	46,21	8,09	9,94

Tabella 1.b – Statistica delle caratteristiche delle curve esaminate

	Larghezza carreggiata [m]	Raggio[m]	CCR medio [gon/km]	CCRs [gon/km]	sviluppo curva [m]	Raggio Curva che precede [m]	Lunghezza rettilo che precede [m]	V _{media} [km/h]	V ₈₅ [km/h]
valore medio	6,49	170	115	593	69	1514	353	47	60
valore massimo	12,56	450	236	2529	218	10000	4175	72	92
valore minimo	4,80	25	10	141	22	20	2	25	31
deviazione standard	1,16	106	81	506	38	3240	684	12	15

3. ELABORAZIONE DEI DATI

Le stazioni di misura sono state collocate in corrispondenza delle sezioni di inizio (PC),

centro(MC) e fine curva(PT), e sui rettifili che precedono e seguono le stesse rispettivamente a 30÷50 m, 80÷120 m e 140÷200 m dalla sezione PC e PT (Figura 2). Il campione è stato depurato delle misure registrate in corrispondenza dei passaggi veicolari condizionati da distanziamenti temporali inferiori a 5 secondi dal veicolo che precede e segue e di quelle relative ai mezzi pesanti. In corrispondenza di ciascun sito di prova rettilo-curva-rettilo è stato ricostruito il profilo delle velocità (Figura 3) al fine di stimare i tassi medi di accelerazione e decelerazione. La sperimentazione ha consentito di individuare cinque differenti tipologie di profili di velocità dipendenti dai raggi e dallo sviluppo delle curve circolari, nonché dalla lunghezza dei rettifili che precedono e seguono le stesse.

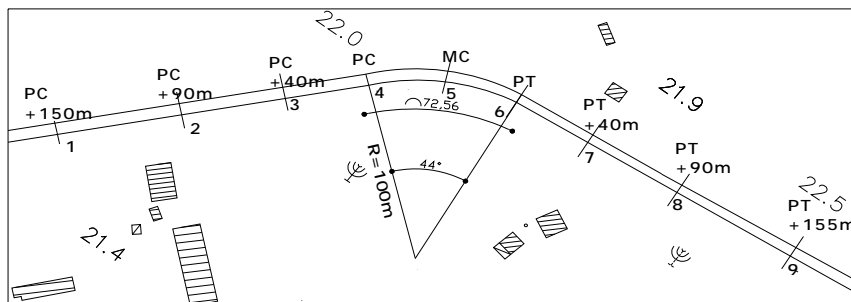


Figura 2 – Piano di sezionamento per le zone di transizione

Nel primo caso (Figura 4.a) il rettilo e la curva sono sufficientemente lunghi da consentire ai conducenti di attingere e mantenere una velocità di marcia costante lungo lo sviluppo della curva stessa. Nel secondo caso (Figure 4.b) per il limitato sviluppo del rettilo e della curva, la velocità diminuisce nella prima parte della curva e cresce nella seconda. Nel terzo caso (Figure 4.c) la curva è percorsa interamente in decelerazione. Nel quarto caso (Figure 4.d) il conducente percorre tutta la curva in accelerazione. Nel quinto caso (Figure 4.e) infine la velocità cresce nella prima parte della curva e decresce nella seconda parte di questa.

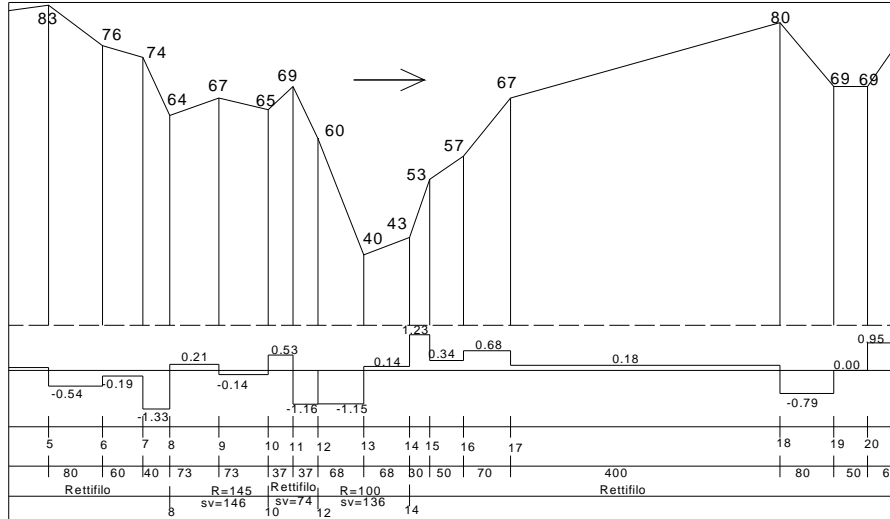


Figura 3 – Stralcio del profilo della velocità operativa sulla S.P.312

I siti in cui è stato rilevato un comportamento del conducente palesemente non condizionato dalla curva circolare, quali ad esempio quelli in cui è stato rilevato un valore della velocità sui rettifili di gran lunga inferiore a quella rilevata sull'elemento circolare attiguo, non sono stati presi in considerazione per la stima dei valori di accelerazione e decelerazione. La maggior parte di questi comportamenti "anomali" è stato riscontrato su tronchi stradali in ingresso ed in uscita da curve circolari di raggio superiore a 500 metri. La base campionaria è costituita in definitiva da 36 valori di decelerazione e 34 valori di accelerazione. In Tabella 1 sono consegnati, per ciascun sito, i valori delle seguenti grandezze:

- L_d = lunghezza del tronco percorso in decelerazione ($L_d = t_d + c_d$);
- t_d = parte del tronco di transizione percorso in decelerazione (L_d) esterno alla curva;
- c_d = parte del tronco di transizione percorso in decelerazione (L_d) interno alla curva ;
- L_a = lunghezza del tronco percorso in accelerazione ove si sviluppa il moto accelerato ($L_a = t_a + c_a$);
- t_a = parte del tronco di transizione percorso in accelerazione (L_a) esterno alla curva ;
- c_a = parte del tronco di transizione percorso in accelerazione (L_a) interno alla curva.

I tassi di decelerazione (d_{mV85}) ed accelerazione (a_{mV85}), per ciascun sito sono:

- d_{mV85} = tasso di decelerazione misurato tra la sezione ove si attinge il valore massimo delle V_{85} , localizzata sul rettifilo di approccio-curva e distante al più 200 m dalla sezione di inizio-curva, e la sezione in curva in corrispondenza della quale si attinge il valore minimo della V_{85} ;
- a_{mV85} = tasso di accelerazione misurato tra la sezione in cui si attinge il valore più elevato delle, localizzata sul rettifilo in uscita dalla curva e distante al più 200 m dalla sezione di fine curva e la sezione in curva in cui si rileva il valore minimo della V_{85} .

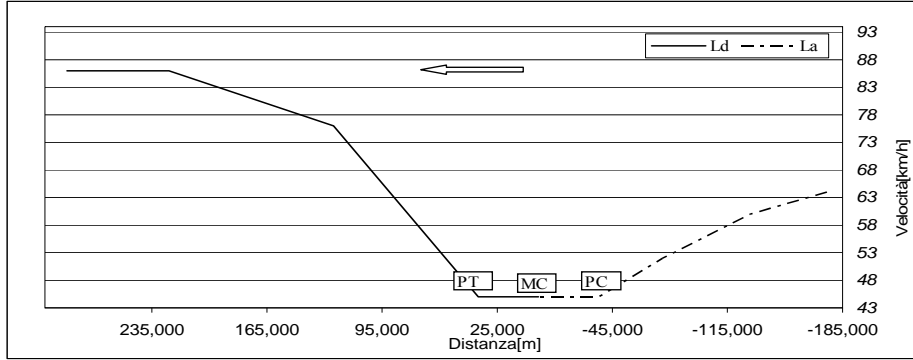


Figura 4.a-Curva di raggio 60 metri sulla S.S.426

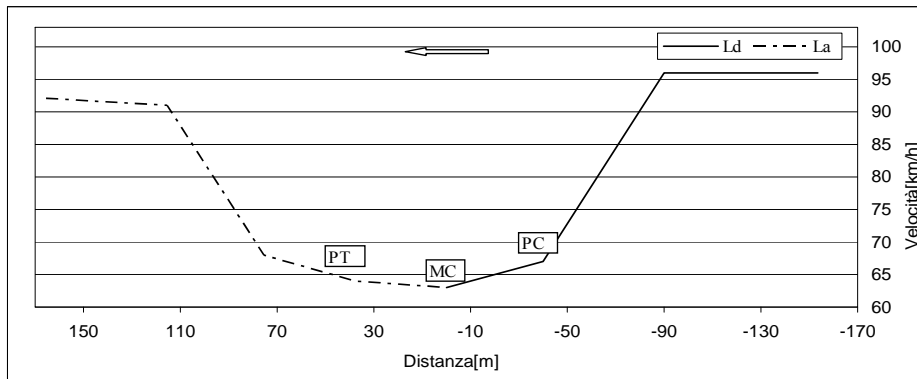


Figura 4.b-Curva di raggio 100 metri sulla S.P.262

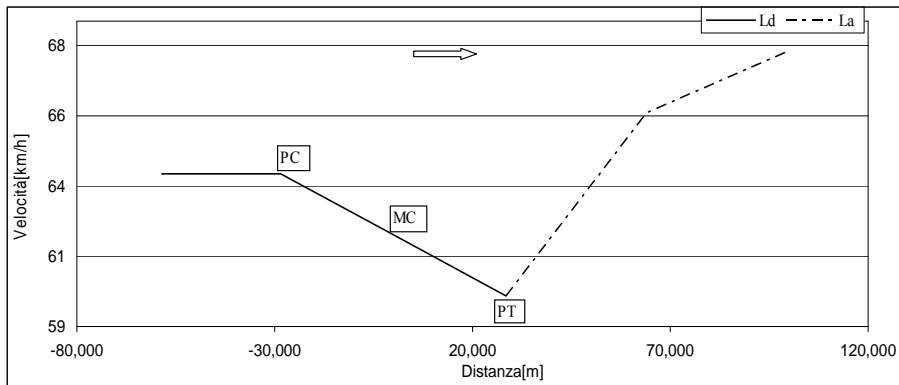


Figura 4.c-Curva di raggio 100 metri sulla S.P.52

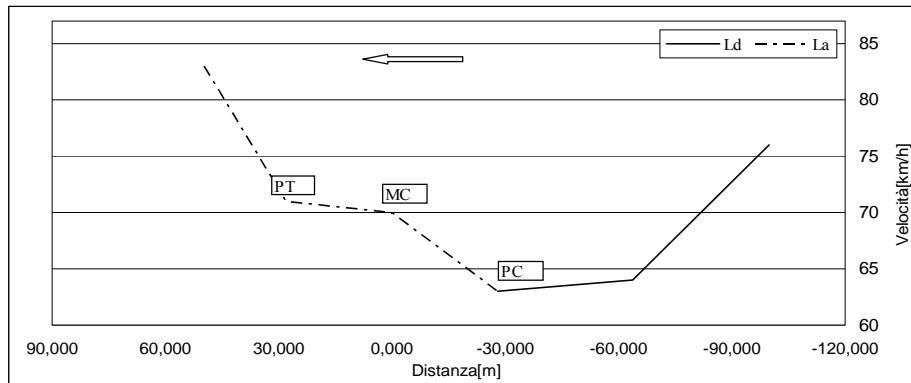


Figura 4.d-Curva di raggio 250 metri sulla S.S.426

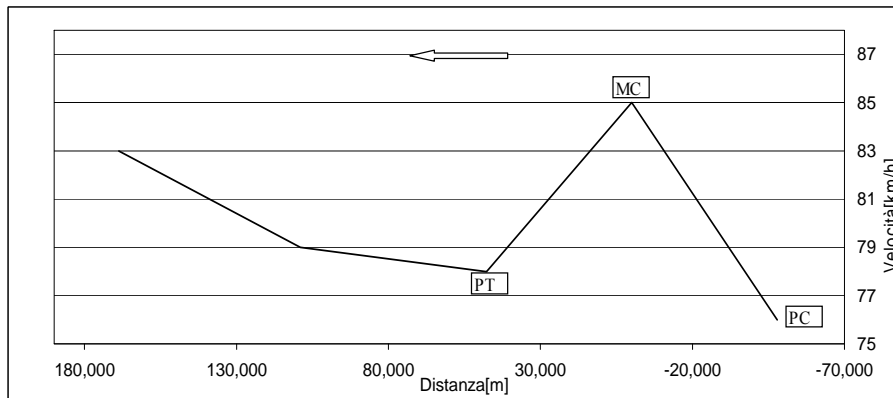


Figura 4.e-Curva di raggio 190 metri sulla S.S.426

4. RISULTATI

Il tronco percorso in decelerazione presenta una lunghezza media $L_d = 115$ metri e si ripartisce mediamente per il 60% in rettilineo e per una quota pari al restante 40% in curva. Il tronco di transizione percorso in accelerazione presenta una lunghezza media $L_a = 122$ metri e si ripartisce pressoché allo stesso modo tra curva (49%) e rettilineo successivo (51%).

Si è, inoltre, valutato la varianza e la media del campione dei tassi di decelerazione ed accelerazione e si è osservato l'entità della dispersione dei singoli parametri intorno alla media con il metodo delle 3σ . Il valore medio del tasso di decelerazione è pari a 0.71 ms^{-2} mentre il valore medio delle accelerazioni è pari a 0.60 ms^{-2} .

Nel caso in esame l'81% dei valori di decelerazione ricade nella fascia $\mu \pm \sigma = 0.71 \text{ ms}^{-2} \pm 0.45 \text{ ms}^{-2} = 0.26 \text{ ms}^{-2} \div 1.16 \text{ ms}^{-2}$ ed il 75% dei valori di accelerazione ricade nella

fascia $\mu \pm \sigma = 0.60 \text{ ms}^{-2} \pm 0.37 \text{ ms}^{-2} = 0.23 \text{ ms}^{-2} \div 0.97 \text{ ms}^{-2}$.

I risultati del single-sample t-test (Tabella 2) mostrano che, con un livello di significatività del 5%, il tasso medio di decelerazione non è statisticamente differente da 0.80 ms^{-2} , valore adottato dalla normativa italiana, il tasso medio di accelerazione risulta, invece, significativamente inferiore al valore proposto dalla norma.

5. CONCLUSIONI

Lo studio sperimentale, condotto su un campione significativo di strade extraurbane secondarie e locali, ha consentito di analizzare approfonditamente il reale comportamento dei guidatori in ingresso ed in uscita dalle curve circolari.

Gli sviluppi della ricerca si focalizzeranno sullo studio dei fattori che influenzano il comportamento dei guidatori lungo i tronchi stradali percorsi in regime di moto vario.

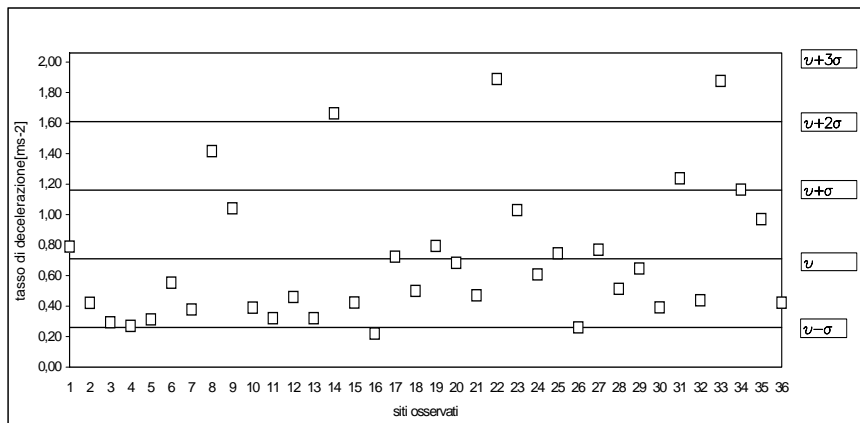


Figura 5.a –Carta di controllo dei tassi di decelerazione osservati

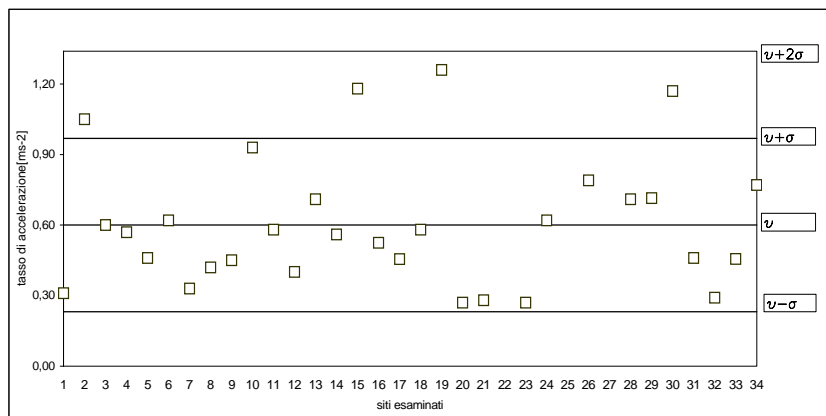


Figura 5.b –Carta di controllo dei tassi di accelerazione osservati

Tabella 1- Tassi di decelerazione ed accelerazione e lunghezza dei tronchi di transizione

Sito	Raggio curva [m]	d [ms ⁻²]	dir	a [ms ⁻²]	Ld[m]	La[m]	td[m]	cd[m]	ta[m]	ca[m]	td [%]	cd [%]	ta [%]	ca [%]																									
1	100	0,79	0	0,31	115,5	191,0	115,5	0	113,5	77,5	100,00	-	59,42	40,58																									
2	100	-	1	1,05	-	165,5	-	-	128	37,5	-	-	77,34	22,66																									
3	280	0,29	0	-	122,0	-	0	122	-	-	-	100,00	-	-																									
4	280	0,27	1	0,60	75,0	172,0	75	0	50	122	100,00	0,00	29,07	70,93																									
5	200	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																									
6	200	0,82	1	-	206,0	-	131	75	-	-	63,59	36,41	-	-																									
7	145	0,32	0	0,57	325,0	36,5	180	145	36,5	0	55,38	44,62	100,00	0,00																									
8	145	0,39	1	0,46	72,5	252,5	0	72,5	180	72,5	0,00	100,00	71,29	28,71																									
9	200	0,32	1	-	173,0	-	173	0	-	-	100,00	0,00	-	-																									
10	200	0,46	0	0,62	32,0	32,0	0	32	0	32	0,00	100,00	0,00	100,00																									
11	50	-	0	0,33	-	411,5	-	-	390	21,5	-	-	94,78	5,22																									
12	300	1,66	1	-	63,0	0,0	0	63	-	-	0,00	100,00	-	-																									
13	100	0,55	0	0,42	86,0	99,0	69	17	82	17	80,23	19,77	82,83	17,17																									
14	100	0,38	1	0,45	58,0	155,0	41	17	17	138	70,69	29,31	10,97	89,03																									
15	110	1,42	0	0,93	45,0	52,5	0	45	0	52,5	0,00	100,00	0,00	100,00																									
16	110	1,04	1	0,58	52,5	45,0	0	52,5	0	45	0,00	100,00	0,00	100,00																									
17	50	0,31	1	0,40	433,0	196,5	390	43	196,5	0	90,07	9,93	100,00	0,00																									
18	100	0,42	1	0,71	71,0	57,0	71	0	0	57	100,00	0,00	0,00	100,00																									
19	100	0,22	0	0,56	87,0	71,0	30	57	71	0	34,48	65,52	100,00	0,00																									
20	90	0,68	0	1,18	22,8	77,3	22,8	0	44,2	33,1	100,00	0,00	57,20	42,79																									
21	90	0,47	1	-	88,6	-	44,2	44,4	-	-	49,86	50,14	-	-																									
22	60	0,50	0	0,53	175,5	286,6	138,9	36,6	250	36,6	79,14	20,86	87,23	12,77																									
23	60	0,72	1	0,46	286,6	175,5	250	36,6	175,5	0	87,23	12,77	100,03	0,00																									
24	250	1,88	0	0,58	67,8	162,2	27,8	40,0	122	40	41,02	59,05	75,21	24,66																									
25	250	-	1	1,26	0,0	84,0	-	-	83,98	0	-	-	100,00	0,00																									
26	400	0,42	0	0,27	409,2	290,8	301	108,2	290,8	0	73,55	26,44	100,00	0,00																									
27	400	-	1	0,28	-	355	-	-	301	54	-	-	84,79	15,21																									
28	240	0,44	1	1,35	199,7	59,7	140	59,7	0	59,7	70,09	29,89	0,00	100,0																									
29	240	1,24	0	0,27	97	303,0	37,6	59,4	243	60	38,66	61,07	80,20	19,80																									
30	150	0,38	1	0,62	81,3	103,0	0	81,3	103	0	0,00	99,99	100,00	0,00																									
31	150	0,77	0	1,68	40,0	41,6	40	0	0	41,6	100,00	0,00	0,00	100,0																									
32	250	0,82	0	0,79	70,2	28,0	42,2	28	0	28	60,11	39,89	0,00	100,00																									
33	250	0,97	1	1,45	71,8	77,7	72	0	21,7	56	100,00	0,00	27,93	72,07																									
34	100	1,89	1	-	18,7	-	0	18,7	-	-	0,00	100,00	-	-																									
35	100	1,03	1	0,71	63,4	117,0	63,4	0	101	16	100,0	0,00	86,32	13,68																									
36	100	0,61	0	0,71	117,9	16,7	117,9	0	0	16,7	100,0	0,00	0,00	100,0																									
37	100	0,75	1	1,17	45,3	28,9	45	0	0	28,9	100,0	0,00	0,00	100,00																									
38	100	0,26	0	0,46	46,7	92,0	47	0	34	58	100,0	0,00	36,96	63,04																									
39	180	0,39	1	0,29	45,8	45,8	0	45,8	0	45,8	0,00	100,00	0,00	100,00																									
40	180	0,65	0	0,46	128,8	26,7	128,8	0	0	26,7	100,00	0,00	0,00	100,00																									
41	70	0,79	0	-	55,2	-	28,2	27	-	-	51,09	48,91	-	-																									
42	70	-	1	0,77	-	110,0	-	-	82	28	-	-	74,55	25,45																									
Valore medio osservato[ms ⁻²]					Valore medio osservato[m]					Valore medio osservato[%]																													
0,71					0,60					115,00					122,00					60,00					40,00					51,00					49,00				

Tabella 2: Risultati del t-test

Ipotesi di verifica	Valore medio (ms ⁻²)	Dev.Std. (ms ⁻²)	Errore medio std. (ms ⁻²)	numero di casi(n)	df	t _{calc.}	t _{critic.}	p-value (2code)	Rigettare H ₀ ?
H ₀ :a=0.80 H ₁ :a≠0.80	0.200	0.369	0.064	34	33	3.118	2.040	0.040	Si
H ₀ :d=0.80 H ₀ :d≠0.80	0.090	0.450	0.076	36	35	1.183	2.040	0.256	No

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano l'ing. Giovanni Coraggio, Dirigente del Centro di Responsabilità Trasporti della Provincia di Salerno per avere sostenuto la ricerca.

BIBLIOGRAFIA

American Association of State Highway and Transportation Officials. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, D.C. 2004.

Bassani M., Santagata E., Indagine sperimentale sul legame esistente tra velocità di progetto, velocità operativa e limite di velocità nella viabilità extraurbana, Atti del 16° convegno SIV, Cosenza 2006.

Bin Nie and Yasser Hassan .Modeling Driver Speed Behavior on Horizontal Curves of Different Road Classifications(Manuscript No. 2007-0782).Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January 21-25, 2007.

Collins K.M., Krammes R.A. (1996); "Preliminary Validation of a Speed- Profile Model for Design Consistency Evaluation"; Transportation Research Record, No. 1523; Transportation Research Board; National Research Council; Washington D.C.

Dell'Acqua G. (2008). Relationships between design consistency and road safety. Transport Research Arena, Lyubjana, Slovenia.

A.M. Figueroa Medina, A.P. Tarko-School of Civil Engineering Purdue University-Joint Transportation Research Program Project No: C-36-10G File No: 8-3-7 SPR-2661, Conducted in Cooperation with the Indiana Department of Transportation and the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.*Reconciling speed limits with design speeds*-Final report fhwa/in/jtrp-2004/26-Purdue University West Lafayette, IN 47907 December 2004.

Figueroa Alberto M. , Medina and Tarko Andrew P.Speed Factors on Two-Lane Rural Highways in Free- Flow Conditions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1912, Transportation Research Board of the National Academies, Washington,D.C., 2005, pp. 39-46.

Figueroa A.M. and Tarko A.P.. Free-Flow Speed Changes in the Vicinity of Horizontal Curves. 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, Chicago, Illinois, June29 - July 2, 2005, Transportation Research Board, TRB, 2005, pp. 1-19.

Fitzpatrick, K. and J.M. Collins. Speed Profile Model for Two-Lane Rural Highways. Transportation Record 1737, TRB, Transportation Research Council, Washington, D.C.,2000, pp.42-49.

Fitzpatrick K., Elefteriadou L., Harwood D., Collins J., McFadden J., Anderson I., Krammes R., Irizarry N., Parma K., Bauer K., Passetti K. (2000); Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways; Report FHWA-RD-99-171; FHWA U.S. Department of Transportation.

Lamm, R., and E. M. Choueiri. Recommendations for Evaluating Horizontal Design Consistency Based on Investigations in the State of New York. In Transportation Research Record 1122, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1987, pp. 68–78.

McFadden J., Elefteriadou L. (2000); “Evaluating Horizontal Alignment Design Consistency of Two-Lane Rural Highway: Development of New Procedure”; Transportation Research Record, No. 1737; Transportation Research Board; National Research Council; Washington D.C.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2001); Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade; D.M. 05/11/2001; Italia.

Ottesen, J. and R.A. Krammes. Speed-Profile Model for a Design Consistency Evaluation Procedure in the United States. Transportation Research Record 1701, TRB, Transportation Research Council, Washington, D.C., 2000, pp. 76-85.

Perco P., Crisman B., Robba A., Roberti R., Deceleration Model for Two-Lane Rural Roads. Rivista ATS_2007.

Perco P., A. Robba. Evaluation of the Deceleration Rate for the Operating Speed-Profile Model. Proceedings of the 3rd International SIIV Congress, Bari, Italy, 2005.

Said, D., Y. Hassan, and A.E.H.O. El Halim. Quantification and Utilization of Driver Path in Improving the Design of Highway Horizontal Curves (Manuscript No.2007-2003). Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January 21-25, 2007.