

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



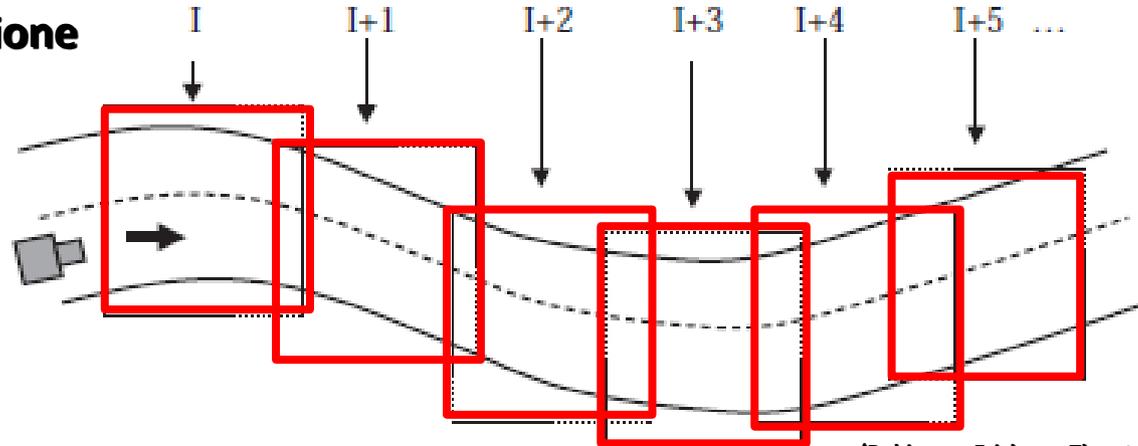
METODI INNOVATIVI PER LA VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI INGEGNERIA DELLA SICUREZZA



Prof. Ing. Andrea SIMONE
DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile,
Chimica, Ambientale e dei Materiali
Università di Bologna

Analisi del tracciato

I = Step di scansione dell'utente



(Robinson, Erickson, Thurston & Clark, 1972).

Variabili per ogni step di scansione

Utente



Ambiente



Strada



Condizioni di guida



Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Letture della strada

*Gateway treatment-rural-urban area
to 30-km/h (20-mph) urban access (AVV, 2001).*



Gate into a German community (ECMT, 2006).

**Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena**



*Forlì
21 maggio
2015*

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Letture della strada

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena

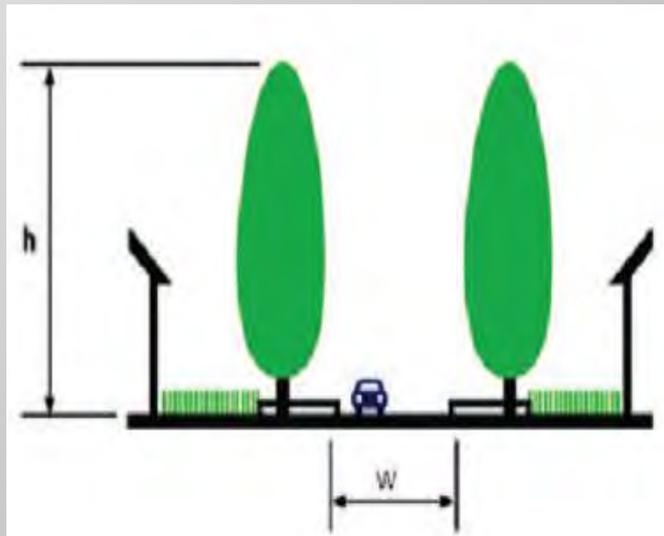
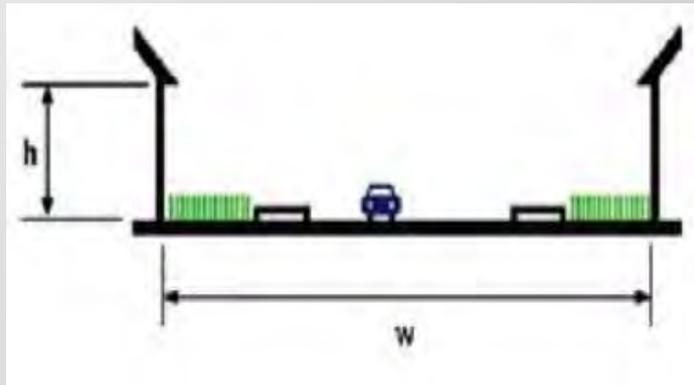


Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Australia/New Zeland, (LTSA, 2002).

Utente e Workload

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Misure soggettive



Misure fisiologiche



HULSE e MESSER, distanza di visibilità di curvatura, geometria stradale, etc.

Utente e Workload

*Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena*



*Forlì
21 maggio
2015*

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna

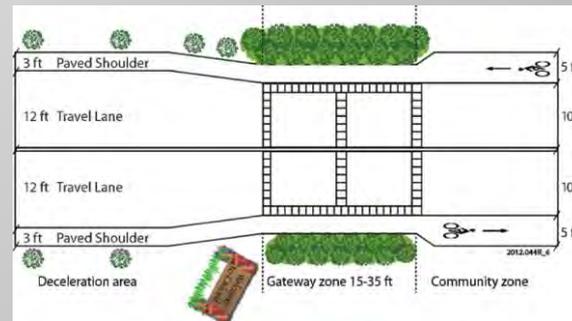
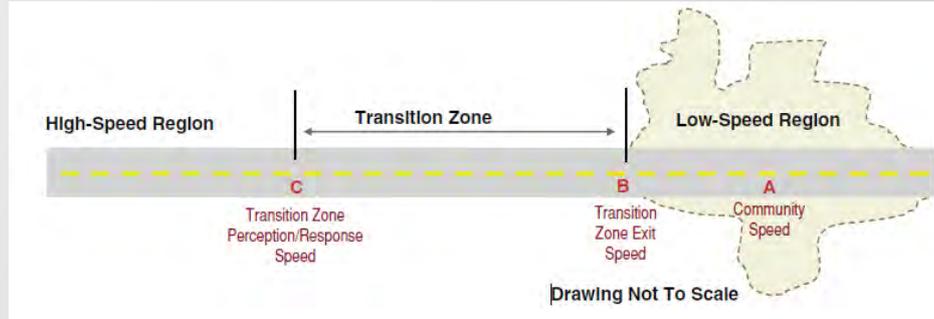


Misure di performance



Driving simulation program, Road Safety Research Grant –
2006/01

Spazi di transizione



Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



La SP 610 “Selice-Montanara”

Problema: elevato tasso di **incidentalità**



Mancata percezione della **transizione** da ambiente rurale ad ambiente urbano.

Per questo la **Provincia di Bologna** ha realizzato dei **lavori di riqualificazione, adeguamento e messa in sicurezza** della SP 610.



Arteria di
collegamento
tra
Imola e Firenze

Comportamento – Cinematica del veicolo

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena

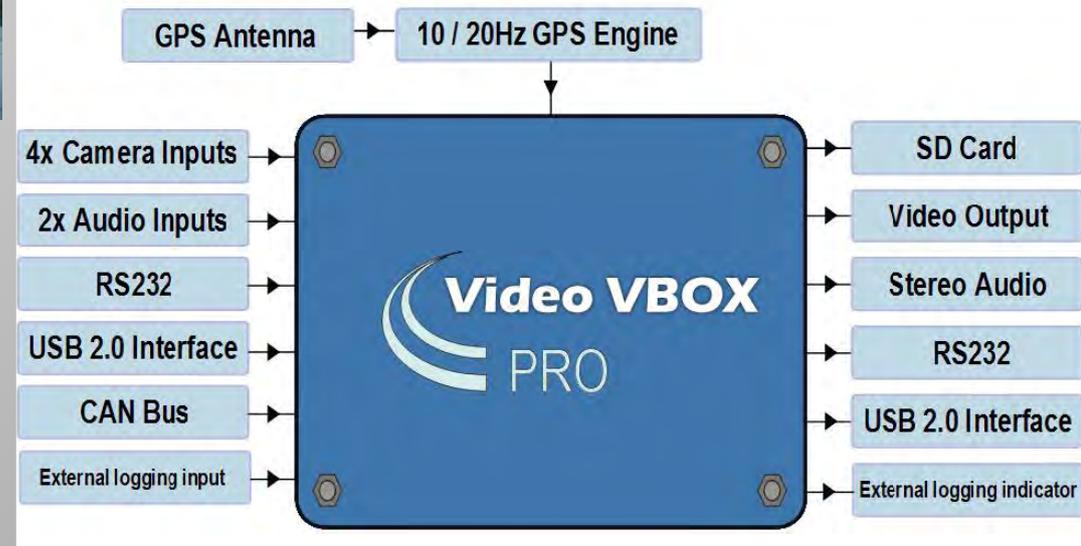


Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Video VBOX Pro



Regione Emilia-Romagna



Mobile Eye XG

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



LA SICUREZZA STRADALE NEGLI ATTRAVERSAMENTI DI CENTRI ABITATI: il Progetto Pilota sulla S.P. 3 del Rabbi a San Lorenzo in Noceto Piano Nazionale per la Sicurezza Stradale

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Mobile Eye XG

SD Card



DTU Battery

Display/Transmit Unit (DTU)



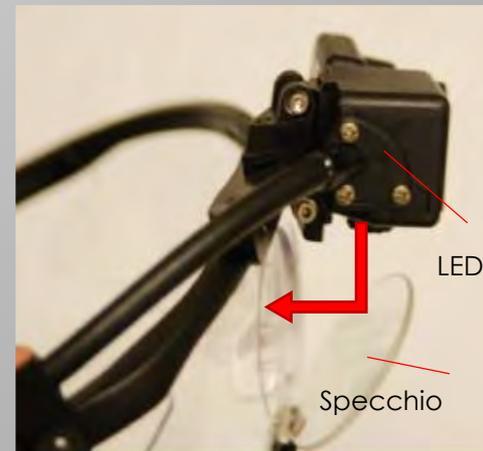
Power Switch

PWR Indicator

Power Switch



Mobile Eye PC



LEDs

Specchio



Analisi dei comportamenti

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena

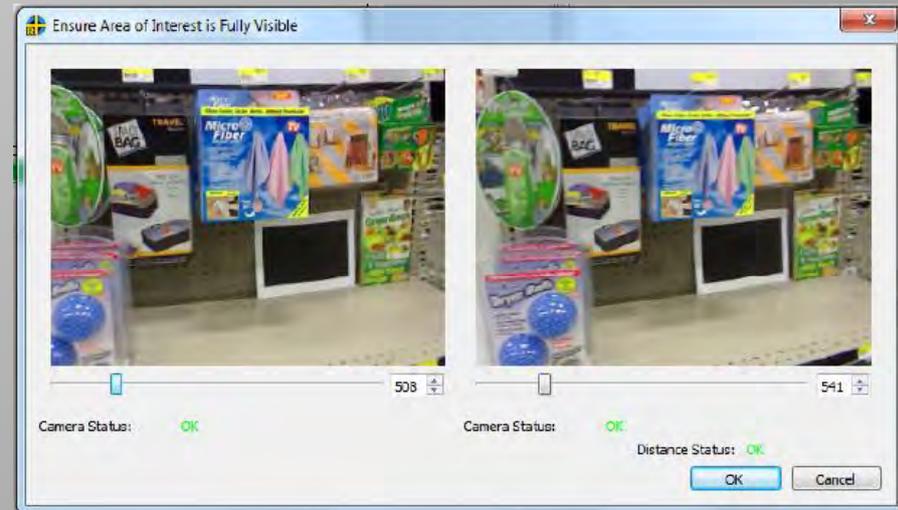
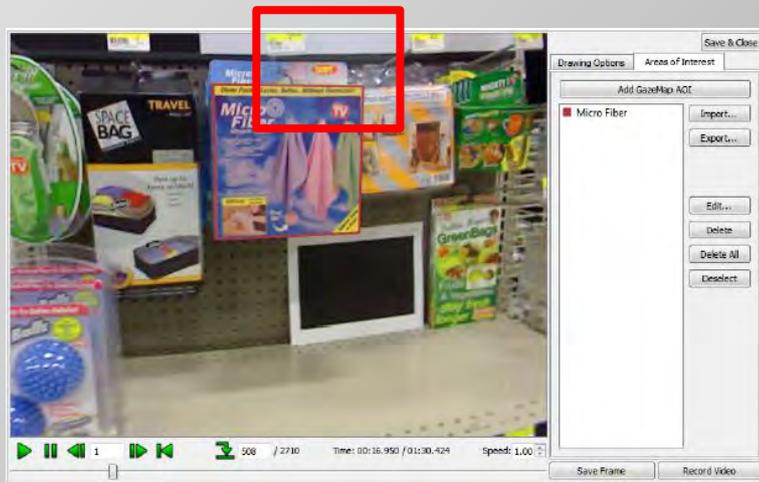


Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Obiettivi dello studio

Dimostrare che gli interventi di moderazione del traffico attuati dalla Provincia di Bologna riducono le velocità di percorrenza senza arrecare alcun pericolo di perdita di stabilità ai veicoli o di eccessivo carico di lavoro mentale (workload) sui guidatori.

Step 1

RSR, dati di traffico e incidentalità

Step 2

Campo prove in scala reale ed in sito

Step 3

Analisi cinematica before-after

Step 4

Analisi cinematica e visiva dei portali urbani

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Road Safety Review e analisi incidentale

Problematiche emerse dal RSR:

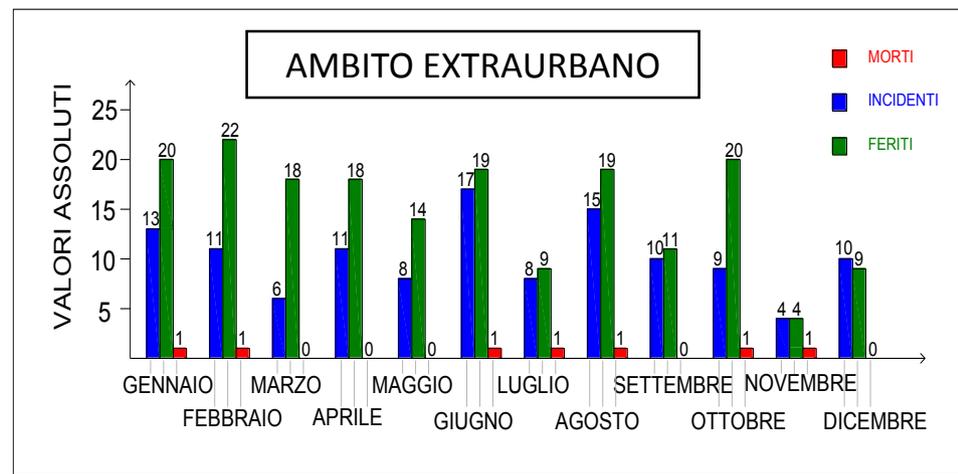
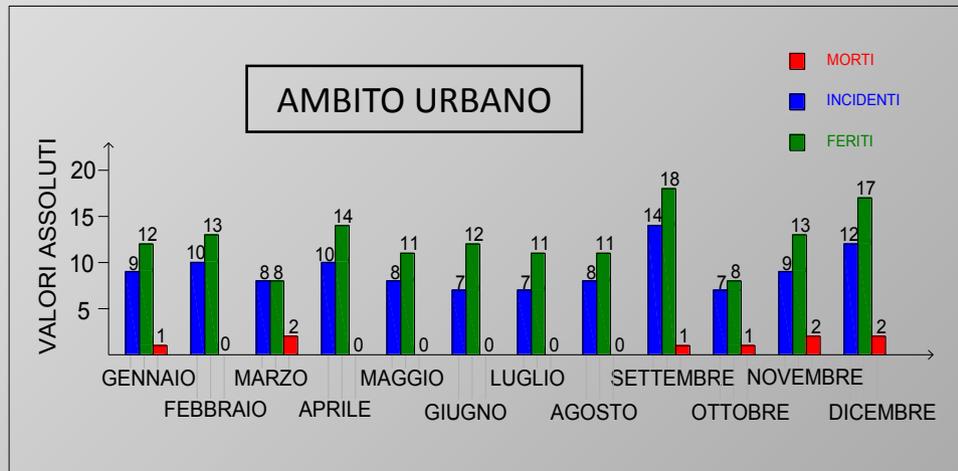
- scarsa percezione dell'**ambiente urbano** e mancato rispetto dei **limiti di velocità**;
- **attraversamenti pedonali** poco visibili e sicuri.

Raccomandazioni:



Road Safety Review e analisi incidentale

Il tratto compreso tra i km 37 e 62 della SP 610 rientra tra le prime venti tratte stradali a maggior **costo sociale** di tutta la rete provinciale.



Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna





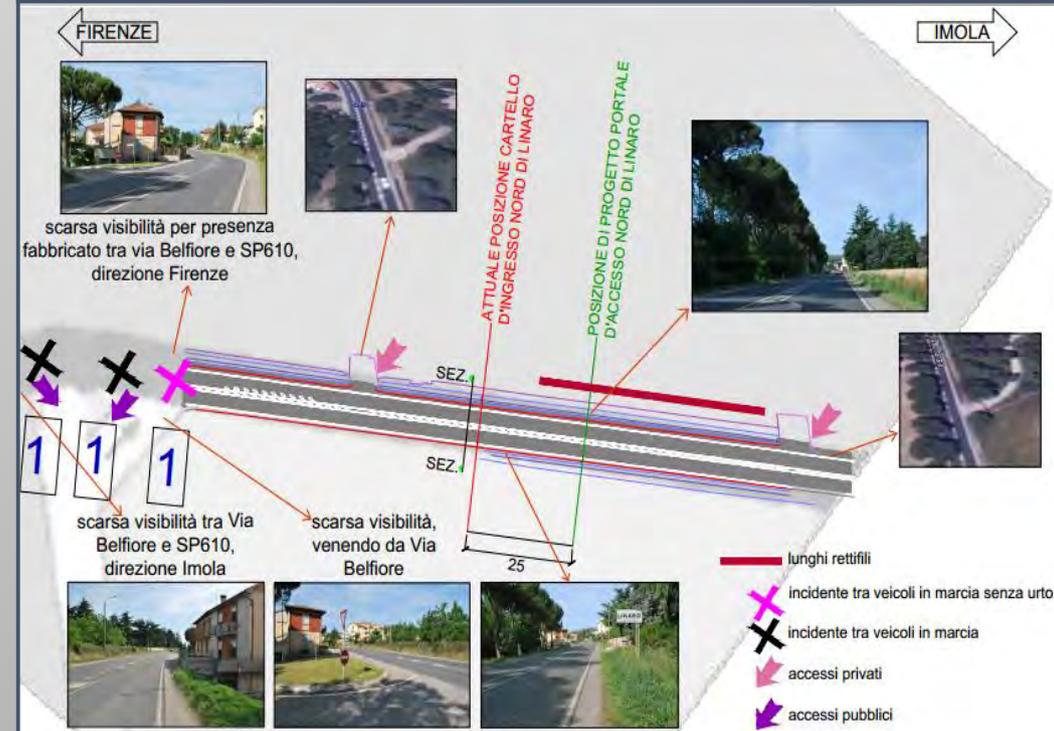
Road Safety Review e Analisi Incidentale

Dal confronto tra RSR ed analisi incidentale emergono le **criticità** e le **problematiche** in termini di **sicurezza** di ciascun centro abitato.

Problematiche all'interno del centro abitato



Problematiche nelle zone di transizione



Analisi cinematica del veicolo nelle chicane

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena

Strumentazione per l'analisi cinematica



21

Hot



Allestimento di un **campo prova** in grado di riprodurre gli scenari di progetto



Rilievo in sito dei parametri dinamici del veicolo nelle chicane



Corpo Forestale dello Stato

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena

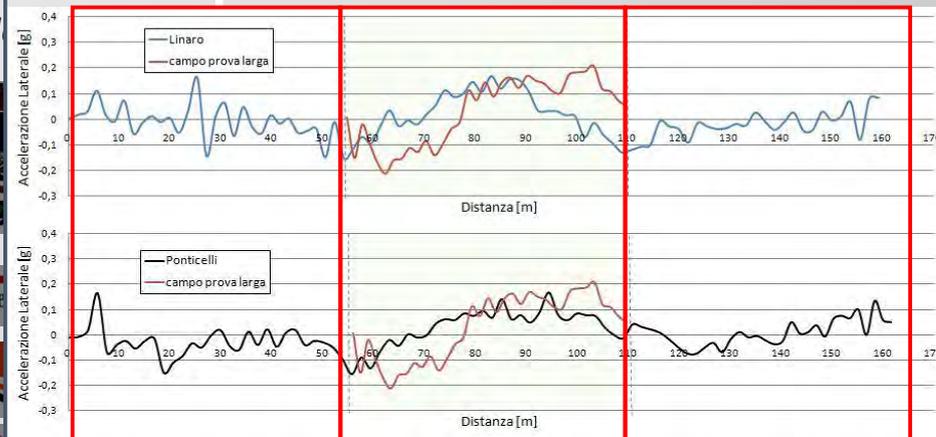
Analisi cinematica Campo prova - Sito

BMW chicane di larghezza standard, pavimentazione asciutta



Forlì
21 maggio
2015

Ingressi Nord di Linaro e Fontanelice, velocità 70 km/h



- Inversione dell'acc. lat. nel **centro** della chicane.
- Acc. lat. crescente con la **velocità** di percorrenza.
- Valori di acc. lat. maggiori per la **chicane larga**.
- Le **acc. lat. max** si attestano attorno 0.30 g per l'autovettura e 0.37 g per il furgone, **inferiori ai limiti di perdita di stabilità**, pari a 0.9 - 1 g.
- Le chicane **in sito** determinano condizioni di **sicurezza** più favorevoli rispetto al campo prova realizzato.

Gli esiti delle sperimentazioni condotte confermano che le soluzioni previste dal progetto della Provincia di Bologna **non causano pericoli di svio** per i veicoli in transito e per i relativi conducenti, anche se percorse a velocità notevolmente superiori a quelle imposte.

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena

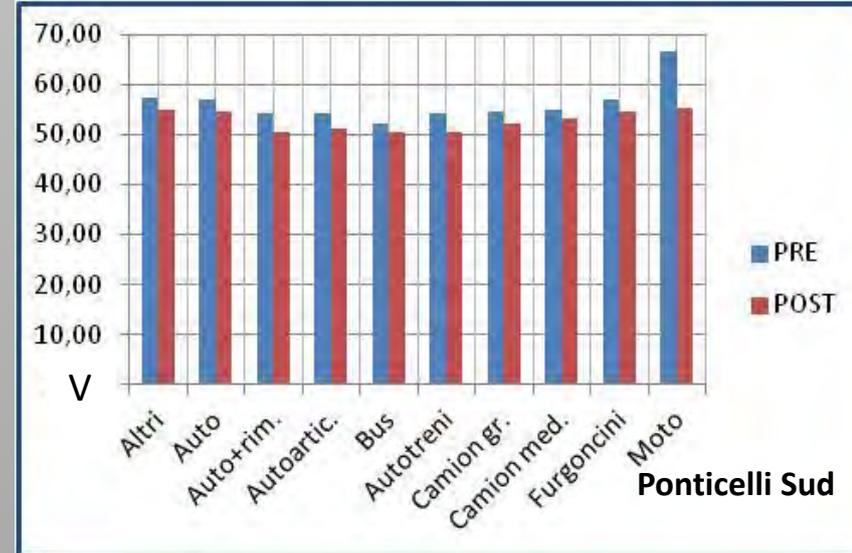
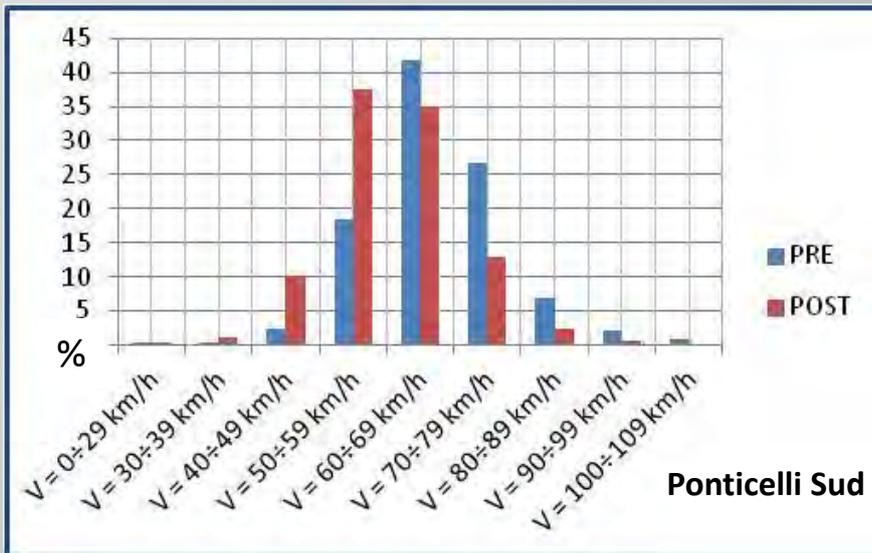
Rilievo velocità in ingresso a Linaro, Ponticelli e Fontanelice

Analisi cinematica before - after

- volumi di traffico per le varie classi di velocità in una settimana;
- velocità più frequente;
- V85 (velocità superata dal 15% degli utenti);
- velocità massima;
- velocità media per ogni categoria di veicoli;
- scarto quadratico medio;
- percentuale dei veicoli in sorpasso, e le relative velocità medie.



Diminuzione velocità medie rispetto al PRE intervento



Regione Emilia-Romagna



Analisi cinematica before - after

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

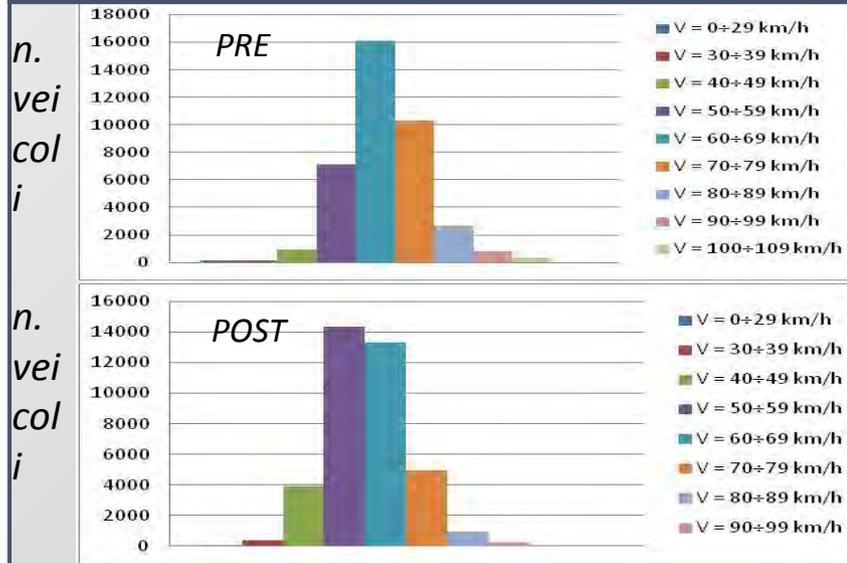
Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



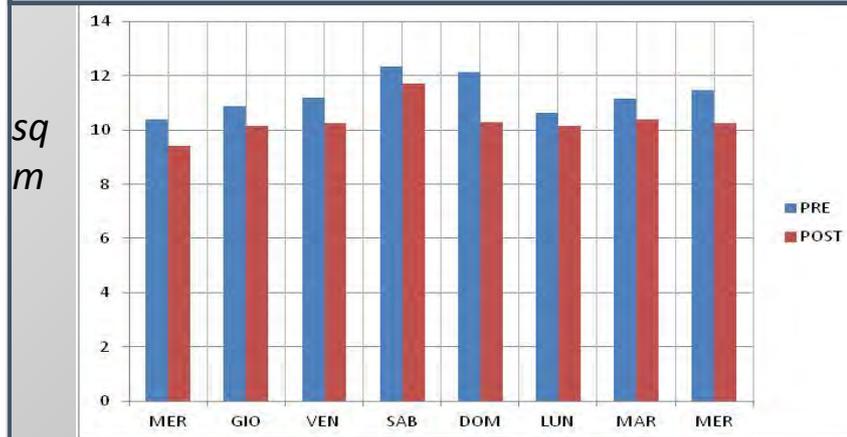
• Importante decremento delle **velocità operative in ingresso** per le chicane con cordolo (Linaro)



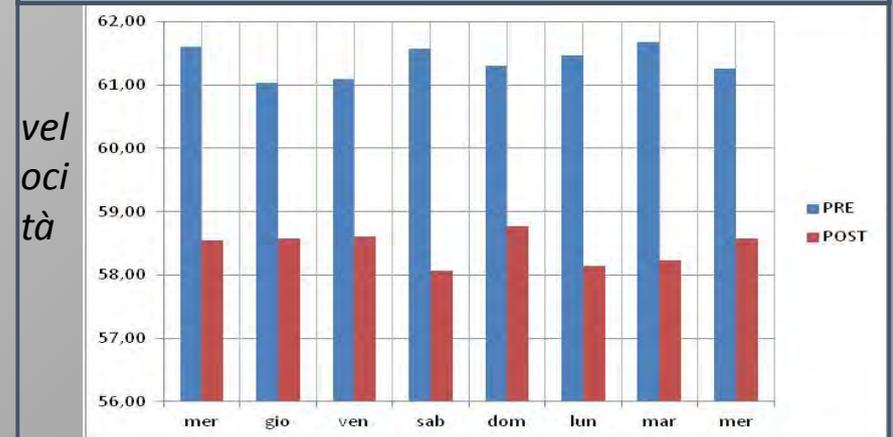
• Percentuale di **sorpassi** diminuita drasticamente

Pre intervento		Ponticelli	Post intervento	
Vmedia	N. veic.		N. veic.	Vmedia
67,73	79	Auto	6	40,67
41,00	3	Autoarticolati	1	108,00
		Camion grandi	1	59,00
69,50	4	Camion medi		
68,29	7	Furgoncini	1	106,00
65,82	65	Moto	7	38,00
66,51		Vmedia totale		48,94
158		N. sorpassi		16
54103		N. veicoli		48274
0,29		% Sorpassi		0,03
		Riduzione %		88,65%

• Abbassamento della **dispersione delle velocità**



• Influenza positiva dei portali anche **in uscita**



Studio dell'Impatto visivo

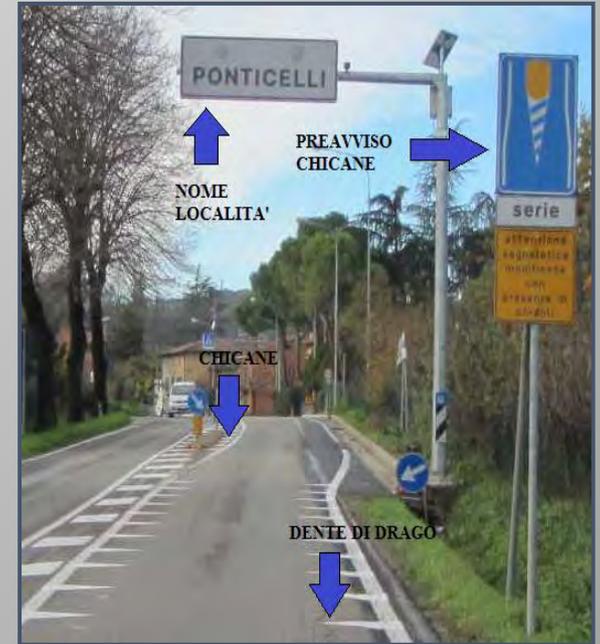
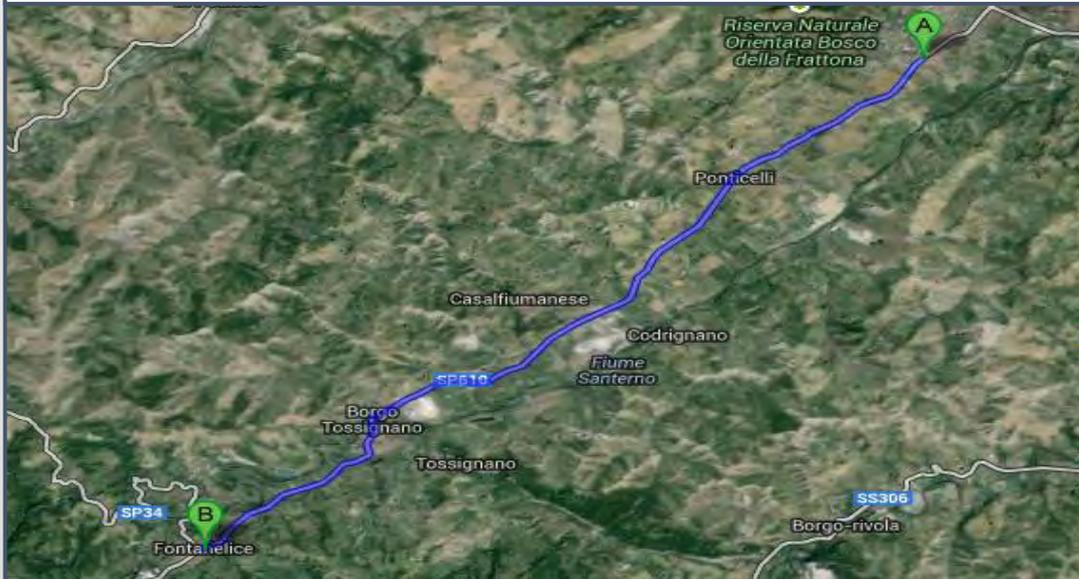
Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus

Percorso di prova: SP 610, Linaro Nord – Fontanelice Nord e ritorno,



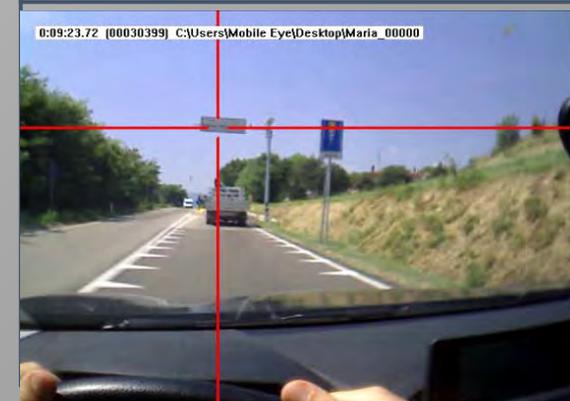
FASE I: posizionamento



FASE II: calibrazione



FASE III: guida sul percorso



Regione Emilia-Romagna



LA SICUREZZA STRADALE NEGLI ATTRAVERSAMENTI DI CENTRI ABITATI: *il Progetto Pilota sulla S.P. 3 del Rabbi a San Lorenzo in Noceto* *Piano Nazionale per la Sicurezza Stradale*

Soggetti

**Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena**

Drivers da 24 to 35 anni



Fabrica Nord

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

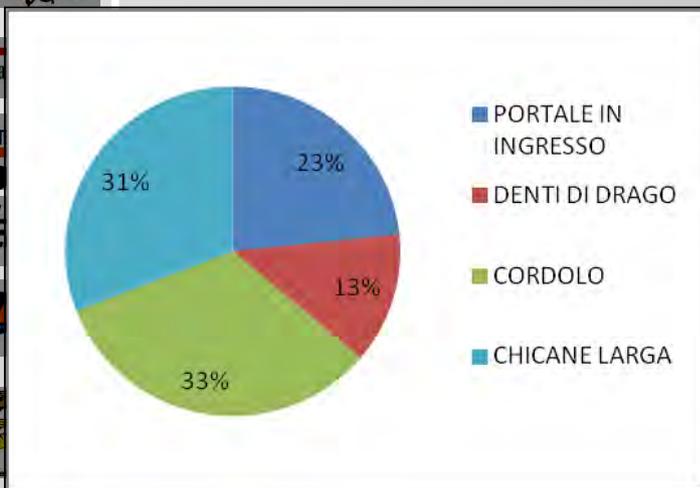
Hotel Globus

Interventi	Sito
Portale	X
Denti di drago	X
Chicane larga	X
Chicane stretta	
Cordolo	X



Analisi visiva

Analisi Cinematica



Elemento	Lunghezza (m)	Velocità media (km/h)	Velocità puntuale (km/h)	Accelerazione e laterale max (g)
<i>Pre</i>	400	63,10	61,39	0,26
<i>Chicane</i>	50	55,82	55,73	0,14
<i>Post</i>	150	51,74	53,62	0,43

Linaro Sud

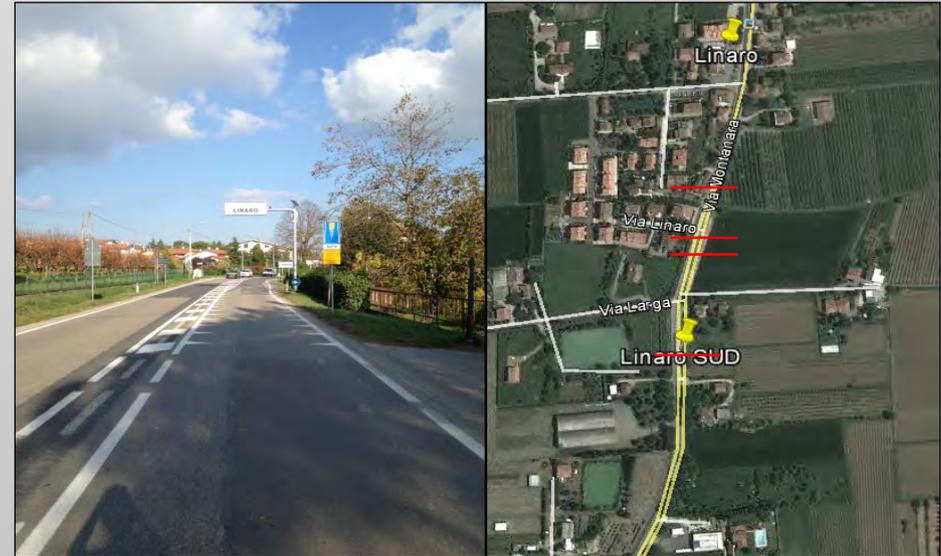
Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

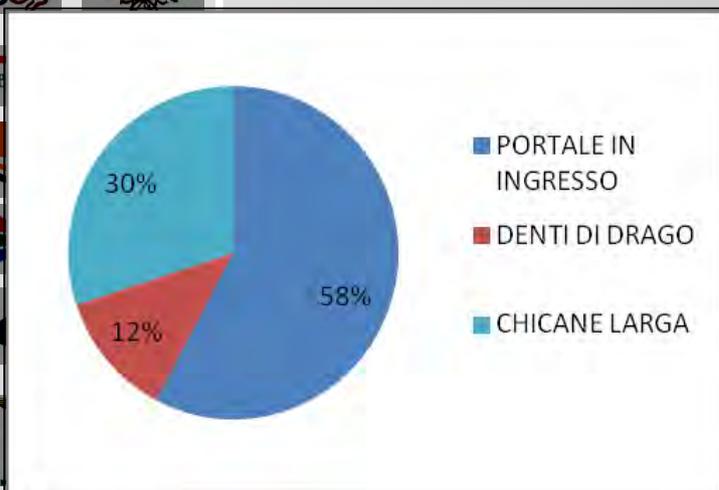
Hotel Globus

Interventi	Sito
Portale	X
Denti di drago	X
Chicane larga	X
Chicane stretta	
Cordolo	



Analisi visiva

Analisi Cinematica



Elemento	Lunghezza (m)	Velocità media (km/h)	Velocità puntuale (km/h)	Accelerazione laterale max (g)
Pre	400	59,27	62,66	0,62
Chicane	50	61,26	61,29	0,13
Post	150	61,97	62,70	0,28

Risultati Cinematici - Visivi

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



• Grande impatto visivo della **chicane larga con cordolo**



Riduzione velocità più marcata rispetto agli altri tipi di portale

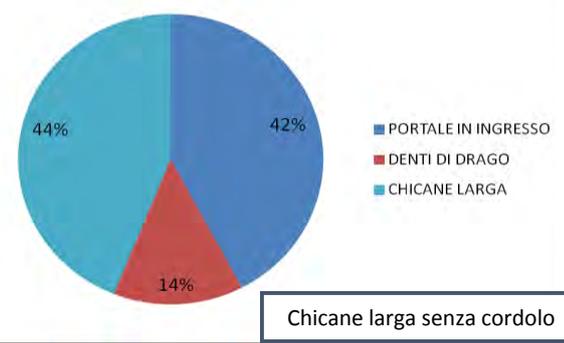
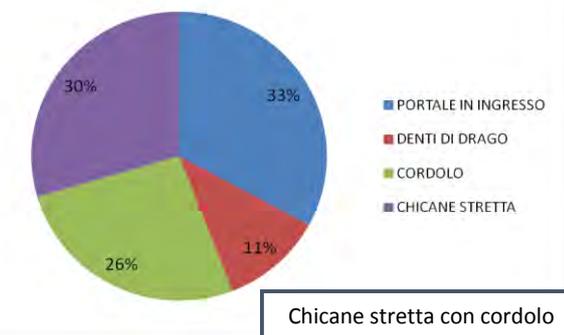
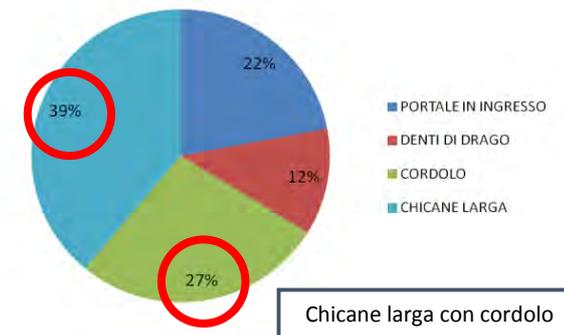
• Diminuzione delle velocità già 100 metri prima dell'accesso, influenzati dal primo elemento della sequenza visiva: **il portale a bandiera**

Forlì

21 maggio 2015

POSIZIONE E TIPOLOGIA CHICANE	400 m PRE		50 m		150 m POST		ΔV Pre-Post
	Vmedia	accMAX	Vmedia	accMAX	Vmedia	accMAX	
Linaro Nord	71,05	0,33	64,77	0,29	63,35	0,30	-7,70
Ponticelli Nord	61,09	0,44	49,50	0,31	50,42	0,52	-10,67
Fabbrica Nord	63,10	0,26	55,82	0,14	51,74	0,43	-11,36
B. Tossignano Nord	62,12	0,30	55,60	0,11	58,27	0,15	-3,85
Media Chicane larga con cordolo	64,34	0,33	56,42	0,21	55,95	0,35	-8,39
Fontanelice Nord	61,86	0,36	57,34	0,14	58,26	0,19	-3,61
Media Chicane stretta con cordolo	61,86	0,36	57,34	0,14	58,26	0,19	-3,61
B. Tossignano Sud	66,66	0,64	61,40	0,27	57,09	0,31	-9,57
Linaro Sud	59,27	0,62	61,26	0,13	61,97	0,28	2,71
Media Chicane larga no cordolo	62,96	0,63	61,33	0,20	59,53	0,30	-3,43
Casalfiumanese Sud	64,01	0,29	62,19	0,14	59,87	0,25	-4,15
Media Chicane stretta no cordolo	64,01	0,29	62,19	0,14	59,87	0,25	-4,15
Casalfiumanese Nord	57,60	0,53	53,78	0,09	51,18	0,19	-6,41
Fabbrica Sud	60,32	0,37	57,90	0,17	55,17	0,49	-5,15
Ponticelli Sud	60,38	0,38	57,22	0,20	54,33	0,27	-6,05
Media No chicane no cordolo	59,43	0,42	56,30	0,15	53,56	0,31	-5,87
MEDIA TOTALE	62,50	0,41	57,89	0,18	56,51	0,31	-5,98

Impatto visivo dei portali



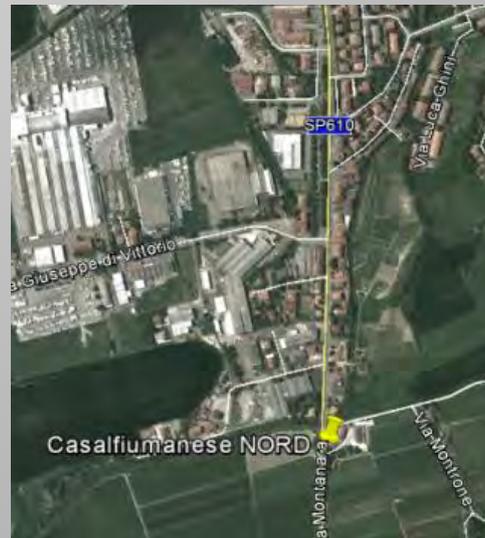
Risultati Cinematici - Visivi

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Fo.

Fo.		400 m		50 m		150 m		
		Vmedia	accMAX	Vmedia	accMAX	Vmedia	accMAX	
	LINARO NORD	CHICANE LARGA CON CORDOLO	71.05	-0.33	64.77	0.29	63.35	0.30
	PONTICELLI NORD	CHICANE LARGA CON CORDOLO	61.09	-0.44	49.50	0.31	50.42	0.52
	FABBRICA NORD	CHICANE LARGA CON CORDOLO	63.10	0.26	55.82	0.14	51.74	-0.43
	CASALFIUMANESE NORD	NO CHICANE NO CORDOLO	57.60	-0.53	53.78	-0.09	51.18	0.19
	BORGTOSSIGNANO NORD	CHICANE LARGA CON CORDOLO	62.12	0.30	55.60	0.11	58.27	-0.15
2	FONTANELICE NORD	CHICANE STRETTA CON CORDOLO	61.86	-0.36	57.34	0.14	58.26	0.19
	BORGTOSSIGNANO SUD	CHICANE LARGA NO CORDOLO	66.66	-0.64	61.40	0.27	57.09	0.31
	CASALFIUMANESE SUD	CHICANE STRETTA NO CORDOLO	64.01	0.29	62.19	-0.14	59.87	-0.25
Ho	FABBRICA SUD	NO CHICANE NO CORDOLO	60.32	0.37	57.90	0.17	55.17	0.49
	PONTICELLI SUD	NO CHICANE NO CORDOLO	60.38	0.38	57.22	-0.20	54.33	-0.27
	LINARO SUD	CHICANE LARGA NO CORDOLO	59.27	0.62	61.26	-0.13	61.97	-0.28



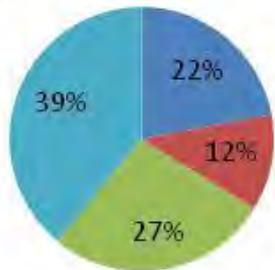
Regione Emilia-Romagna



Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di

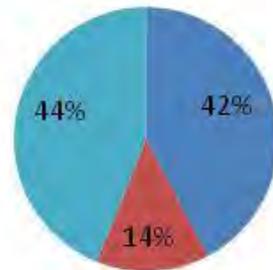
Risultati per tipologie di intervento

1



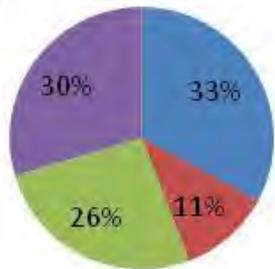
■ PORTALE IN INGRESSO
 ■ DENTI DI DRAGO
 ■ CORDOLO
 ■ CHICANE LARGA

4



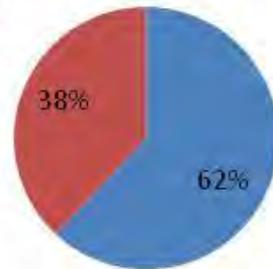
■ PORTALE IN INGRESSO
 ■ DENTI DI DRAGO
 ■ CHICANE LARGA

2



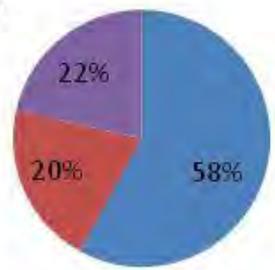
■ PORTALE IN INGRESSO
 ■ DENTI DI DRAGO
 ■ CORDOLO
 ■ CHICANE STRETTA

5



■ PORTALE IN INGRESSO
 ■ DENTI DI DRAGO

3



■ PORTALE IN INGRESSO
 ■ DENTI DI DRAGO
 ■ CHICANE STRETTA

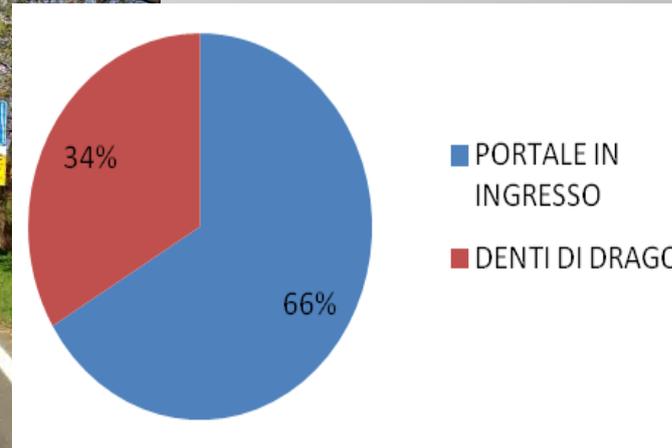
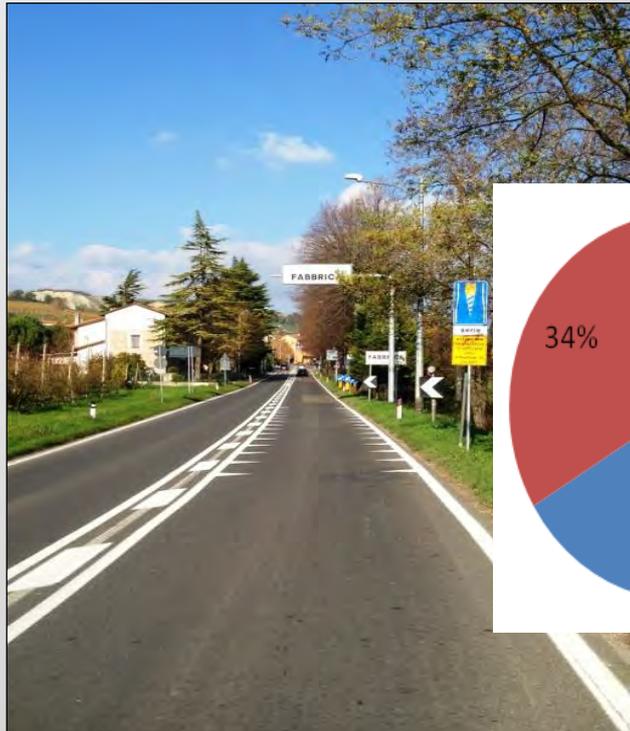
1. chicane larga con cordolo
2. chicane stretta con cordolo
3. chicane larga senza cordolo
4. chicane stretta senza cordolo
5. assenza di chicane

- la chicane ed il cordolo centrale attraggono gran parte dell'attenzione degli utenti, a discapito del portale a bandiera e dei denti di drago;

- la chicane larga risulta più impattante sugli sguardi dei guidatori rispetto a quella stretta;
- In caso di assenza di chicane e di cordolo viene maggiormente guardato il portale a bandiera rispetto ai denti di drago.

Importanza delle condizioni a contorno

Fabrica Sud



Elemento	Lunghezza (m)	Velocità media (km/h)	Velocità puntuale (km/h)	Accelerazione laterale max (g)
Pre	400	60,32	59,96	0,37
Chicane	50	57,90	58,05	0,17
Post	150	55,17	55,59	0,49

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus

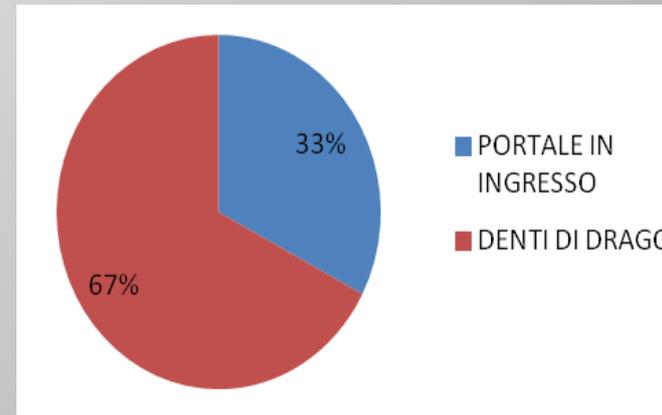


Regione Emilia-Romagna



Importanza delle condizioni a contorno

Ponticelli Sud



Elemento	Lunghezza (m)	Velocità media (km/h)	Velocità puntuale (km/h)	Accelerazione laterale max (g)
Pre	400	60,38	57,85	0,38
Chicane	50	57,22	57,13	0,20
Post	150	54,33	54,08	0,27

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Analisi visiva in prossimità del portale

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena

21

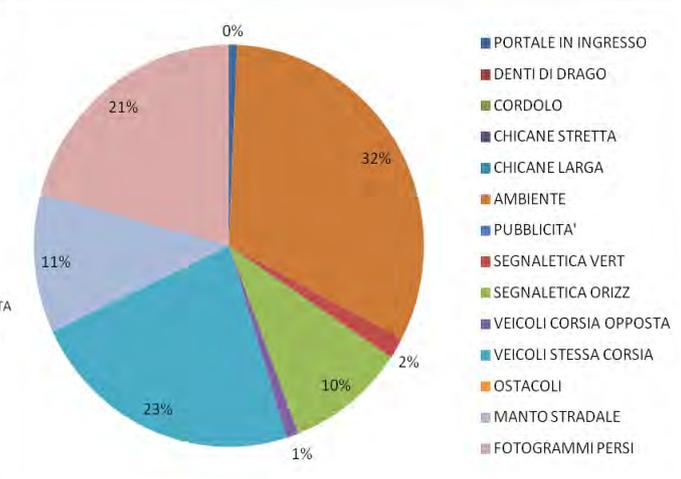
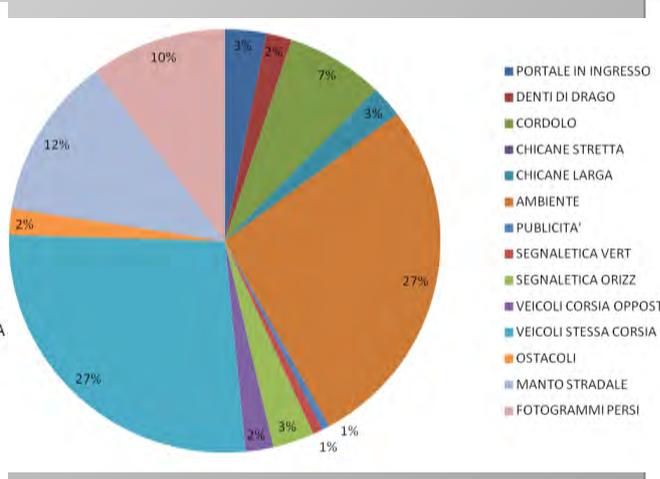
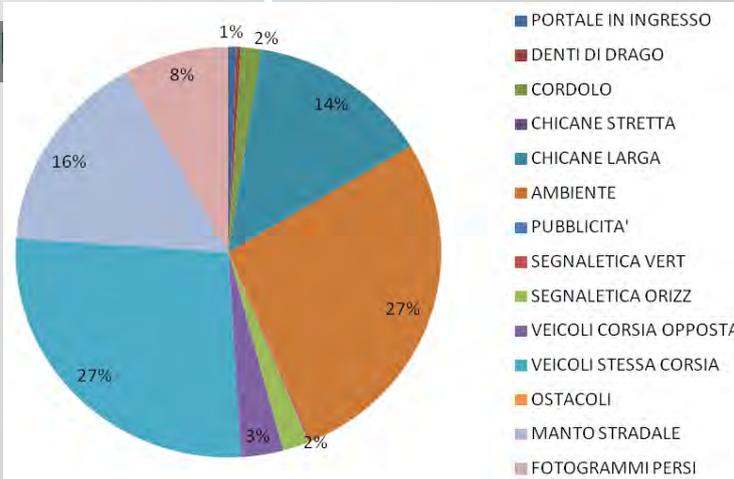
Hot



Portale

Rettifilo

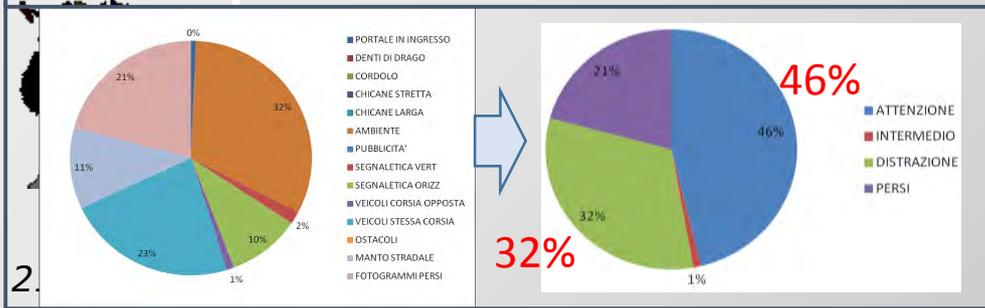
Curva



Livelli di attenzione e distrazione

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena

I tratto di analisi: curva (Linaro Nord)



400 m PRE



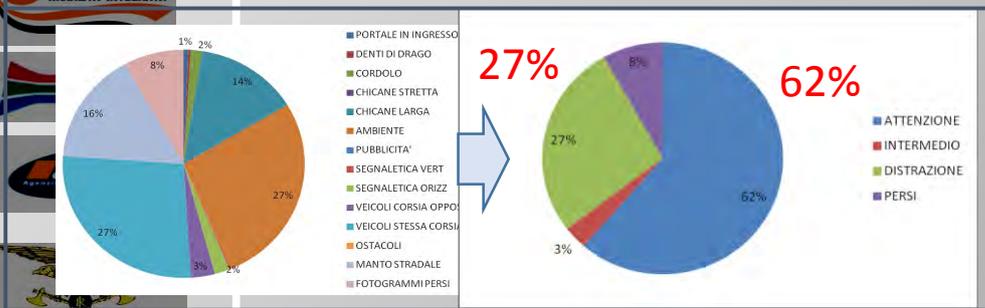
II tratto di analisi: rettilo (Linaro Nord)



200 m PRE



III tratto di analisi: nel portale (Linaro Nord)



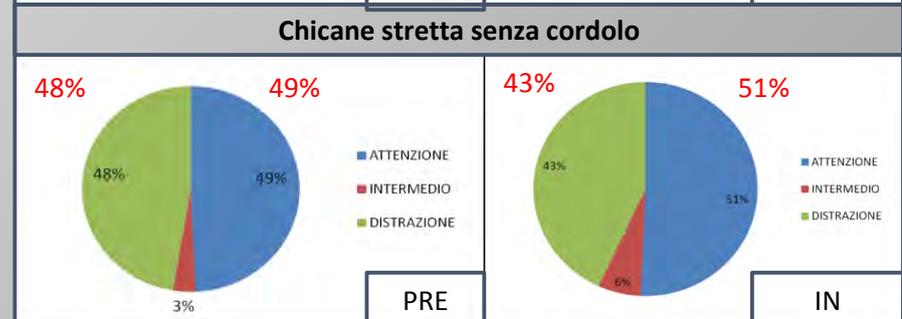
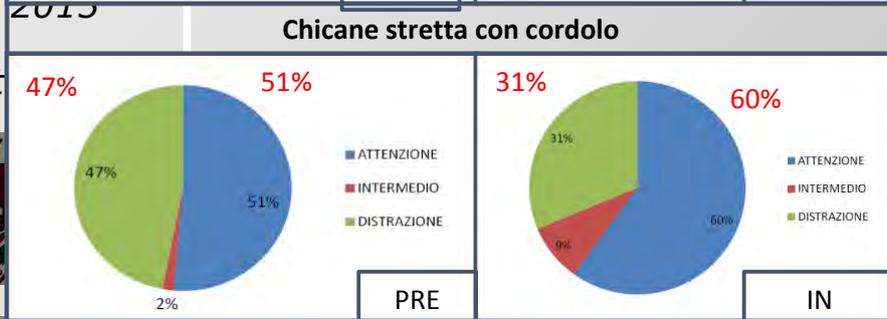
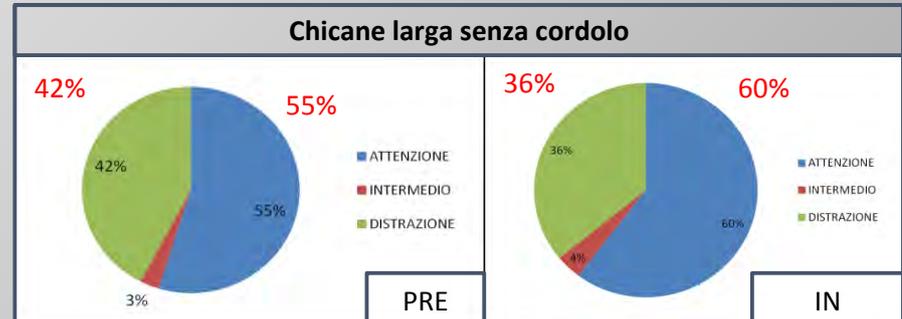
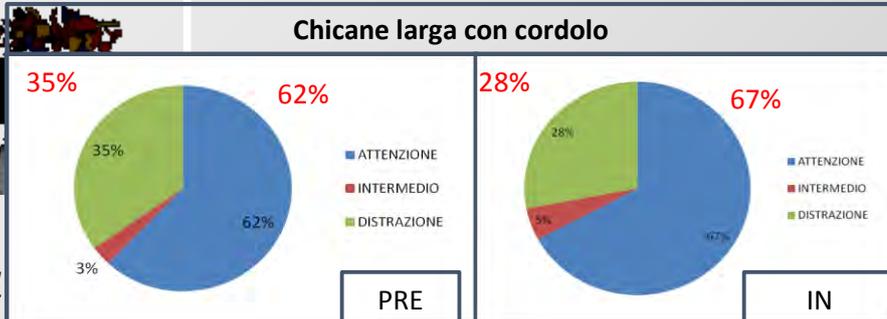
NEL PORTALE



Livelli di attenzione e distrazione

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena

Analisi dei dati aggregati di attenzione e distrazione: attenzione maggiore in presenza di cordolo centrale



Sviluppi futuri

**Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena**



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Segnaletica

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di



LA SICUREZZA STRADALE NEGLI ATTRAVERSAMENTI DI CENTRI ABITATI: il Progetto Pilota sulla S.P. 3 del Rabbi a San Lorenzo in Noceto Piano Nazionale per la Sicurezza Stradale

Pubblicità

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Fo

2

Ho



LA SICUREZZA STRADALE NEGLI ATTRAVERSAMENTI DI CENTRI ABITATI: il Progetto Pilota sulla S.P. 3 del Rabbi a San Lorenzo in Noceto Piano Nazionale per la Sicurezza Stradale

Road Safety Review

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



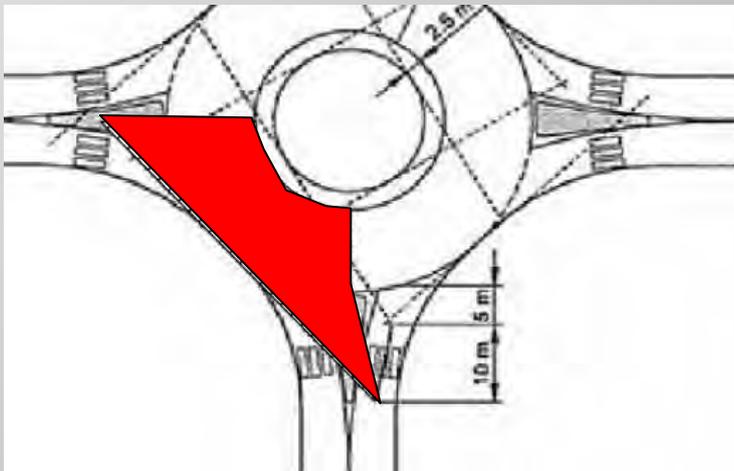
Intersezioni

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



**Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena**

Utenze Deboli e Sicurezza Stradale



Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



*Misura ciò che è misurabile e rendi
misurabile ciò che non lo è*

Galileo Galilei



Prof. Ing. Andrea SIMONE

DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei
Materiali

andrea.simone@unibo.it

Regione Emilia-Romagna

