

Utilizzo del GPS cinematico per la Road Safety Review

Giuseppe Artese, Giuseppe Guido, Michele Perrelli, Giuseppe Silvestri, Alessandro Vitale

Dipartimento di Ingegneria Civile, Università della Calabria

Via Bucci cubo 45B – 87036 Rende

e-mail (g.artese, giuseppe.guido,marcello.perrelli,alessandro.vitale)@unical.it, silvestrigiu@gmail.com

Riassunto

La ricerca descritta riguarda l'uso di rilievi con ricevitori satellitari per la Road Safety Review: una procedura di analisi utilizzata per tratti stradali, che prevede un approfondimento dell'incidentalità ed una successiva analisi dettagliata della sicurezza.

Come metodologia, si è optato per l'uso di un ricevitore GNSS in modalità cinematica. Il test site analizzato è un tratto della statale 106 Jonica in prossimità della città di Crotone, avente uno sviluppo di circa 30 km. I dati ottenuti sono stati posti in correlazione con le osservazioni relative alle caratteristiche di visibilità, stato di manutenzione, segnaletica. Le analisi classiche della Road Safety Review sono state integrate, pertanto, con le informazioni geometriche e dinamiche ricavate dalle acquisizioni GNSS.

Abstract

The research described concerns the use of GNSS reliefs for Road Safety Review : an analysis procedure used for road sections, which provides a deepening and a subsequent detailed analysis of safety.

As methodology, we opted for the use of a GNSS receiver in kinematic mode . The test site analyzed is a stretch of road 106 Jonica, near the town of Crotone, having a length of about 30 km. The data obtained were placed in correlation with observations relating to the characteristics of visibility, state of maintenance, road signs. The classical analyses of the Road Safety Review were integrated, therefore, with geometric and dynamic information obtained from GNSS acquisitions.

The results achieved with the Road Safety Review are synoptic tables for each area identified as a criticality. The identification of the areas and the definition of the level of danger, as well as the measures to be taken to reduce it, have been obtained using also the geometrical and dynamic data carried out by the GNSS survey.

Introduzione

La Road Safety Review è una procedura di analisi utilizzata per tratti stradali, che prevede un approfondimento dell'incidentalità ed una successiva analisi dettagliata della sicurezza (Guido et al., 2012). I risultati conseguiti con la Road Safety Review sono schede sinottiche per ogni zona individuata come ambito critico.

Le carenze che si rilevano sulle strade esistenti dipendono in generale da tracciati vetusti, ridotte sezioni stradali e condizioni del traffico. Le criticità dipendono spesso da una geometria inadatta e disomogenea e dai tracciati plano-altimetrici non adeguati alle tipologie ed ai livelli di traffico, cui si aggiunge spesso l'assenza o insufficienza di banchine, cigli e cunette. La situazione peggiora nelle strade progettate per spostamenti su lunghe distanze, trasformatesi in una serie continua di attraversamenti urbani a causa dell'edificazione massiccia realizzata al margine. Ciò comporta la presenza di accessi, di attività commerciali e industriali, di intersezioni a raso spesso non regolamentate.

La conoscenza dettagliata della geometria stradale è, pertanto, di fondamentale importanza per poter eseguire un'analisi accurata. A tal uopo, l'utilizzo dei ricevitori satellitari risulta estremamente utile. In particolare, l'utilizzo di ricevitori in modalità cinematica consente anche la ricostruzione delle traiettorie dei veicoli in corrispondenza dei punti critici da valutare (Artese et al., 2013). Se si dispone di numerosi sensori, come nel caso dei sistemi informativi realizzati attraverso *volunteered geographic information*, si hanno a disposizione anche le statistiche circa il comportamento dei guidatori.

Nel presente lavoro, le analisi classiche della Road Safety Review sono state integrate con le informazioni geometriche e dinamiche ricavate dalle acquisizioni GNSS. L'individuazione degli ambiti e la definizione del livello di pericolosità, nonché le misure da adottare per ridurla, sono state ricavate utilizzando anche i dati geometrici e dinamici ottenuti dal rilievo con ricevitore satellitare.

Test Site e Ambiti Critici

Le schede riportate nel presente lavoro si riferiscono a due degli ambiti critici individuati lungo un tratto della statale 106 Jonica in prossimità della città di Crotona, avente uno sviluppo di circa 30 km (figura 1). Questo tratto era stato scelto come *test site* per le attività condotte nell'ambito del progetto M2M – *MOBILE TO MOBILITY - Sistemi Informativi e di Telecomunicazione per la Sicurezza Stradale* (PON01_01541).

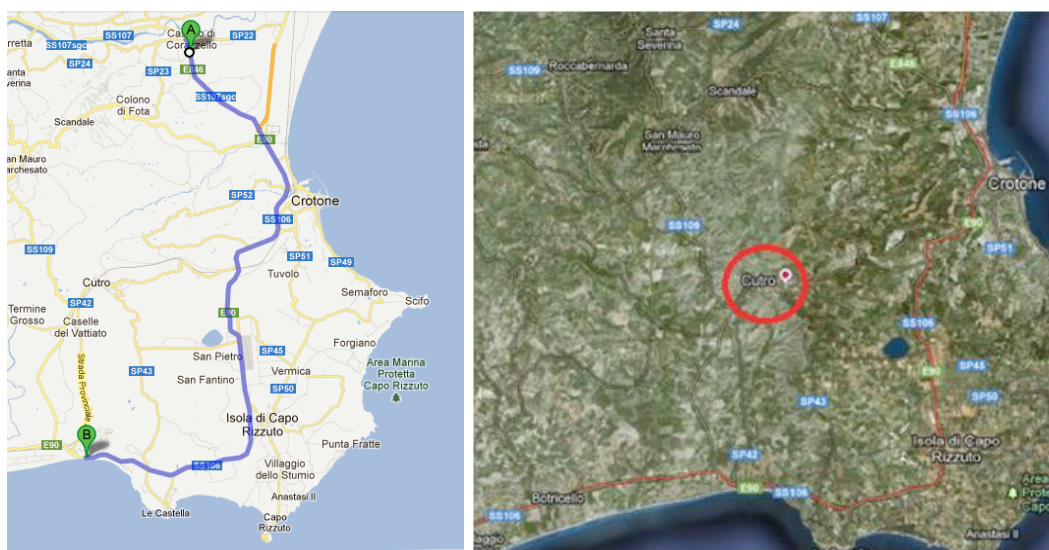
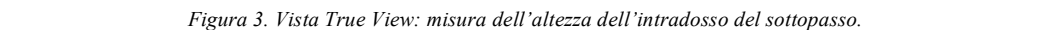
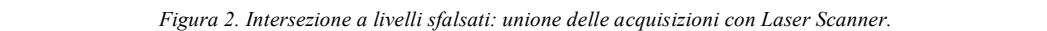


Figura 1. Test Site: SS 106 Jonica nei pressi di Crotona e stazione permanente GNSS di riferimento.

Come si evince dalle schede allegate, il primo ambito è costituito da un incrocio a raso semaforizzato in prossimità di un centro commerciale, mentre il secondo è un'intersezione a livelli sfalsati. In corrispondenza di questi siti è stato eseguito anche un rilievo con laser scanner, che ha consentito di ottenere numerose viste con la tecnica True View®, utilizzabili per ricavare coordinate di oggetti e distanze. In figura 2 si può osservare la nuvola di punti che ricostruisce il secondo ambito critico, ottenuta dall'unione delle prese eseguite con il laser scanner C10 della Leica. La figura 3 è una schermata del programma True View; possiamo osservare la misura dell'altezza dell'intradosso del sottopasso che risulta essere, in questo caso, insufficiente.

Per la rappresentazione degli ambiti critici sono state eseguite in tutto 15 prese.



E' stato utilizzato un ricevitore GNSS in modalità cinematica (Leica Viva GS15). Per la restituzione sono stati utilizzati i dati acquisiti dalla stazione fissa di Cutro, avente frequenza di campionamento di 1 Hz, posta in posizione baricentrica rispetto al *test site* (Figura 1). Le acquisizioni sono state eseguite anche con la strumentazione Video Vbox[®], fornito di ricevitore GNSS a 20 Hz, che ha consentito di infittire, in planimetria, i punti lungo il tracciato.

59

pendenze longitudinali e trasversali e raggi delle curve. E' stata ricavata, inoltre, la velocità di percorrenza media. I dati ottenuti sono stati posti in correlazione con le osservazioni relative alle caratteristiche di visibilità, stato di manutenzione, segnaletica.

Elaborazione del rilievo cinematico

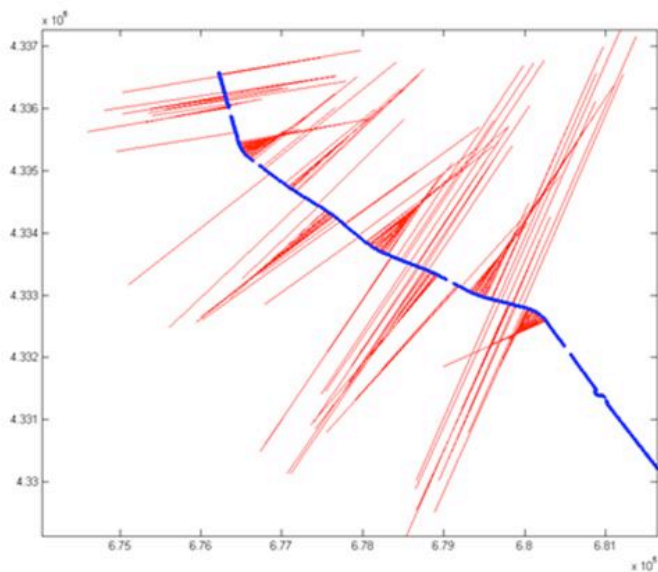


Figura 4. Raggi di curvatura ricavati dalle traiettorie ottenute con GNSS prima del filtraggio.

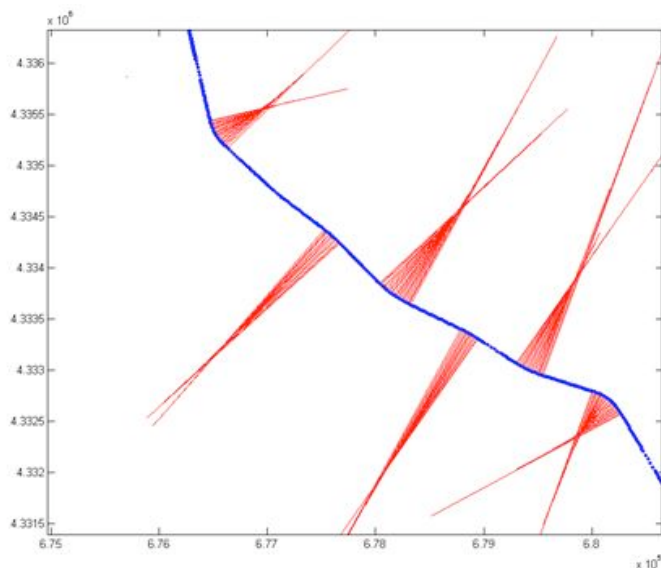


Figura 5. Raggi di curvatura ricavati dalle traiettorie ottenute con GNSS dopo il filtraggio.

E' stato messo a punto un codice di calcolo per l'individuazione automatica di rettili, curve e raggi di curvatura. Il calcolo viene eseguito considerando le intersezioni gli assi dei segmenti ottenuti congiungendo punti successivi lungo la traiettoria. I risultati ottenuti sono influenzati dagli errori di acquisizione (Figura 4), per cui è necessaria un'operazione di filtraggio che, in prima approssimazione, può essere eseguita eliminando i raggi di curvatura al di sopra di una soglia prefissata in base alle caratteristiche del tratto stradale. Il risultato finale (Figura 5) evidenzia i tratti a curvatura variabile (clotoidi) da quelli circolari.

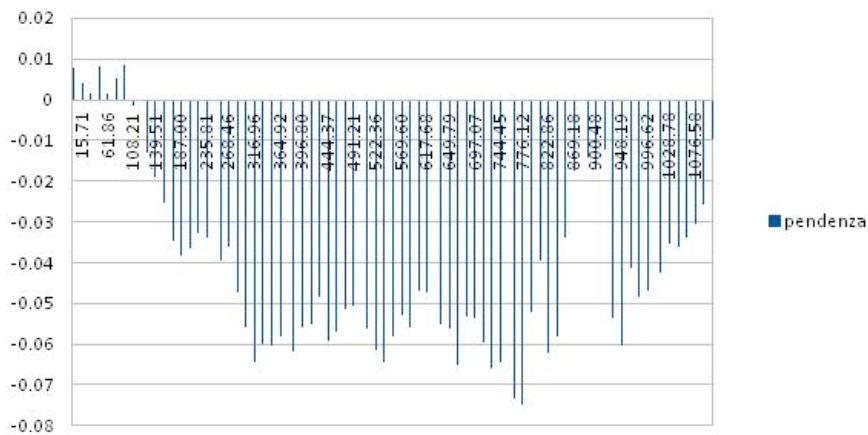


Figura 6. Pendenze trasversali lungo una curva ottenute dalle acquisizioni GNSS.

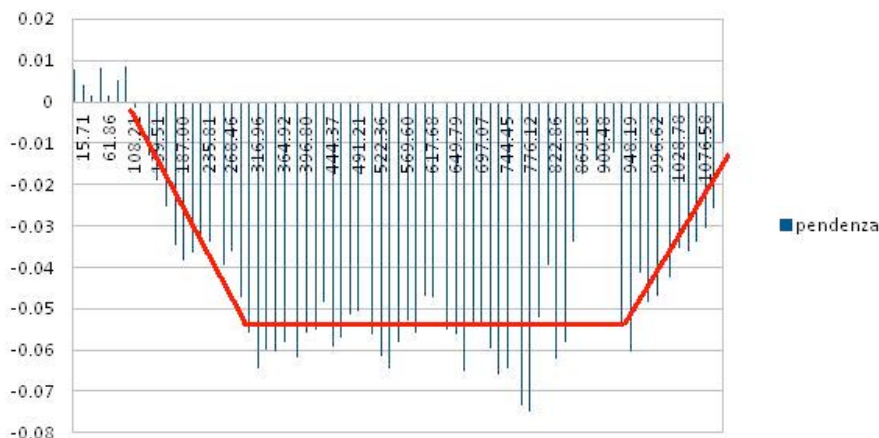


Figura 7. Confronto tra pendenze trasversali da acquisizioni GNSS e andamento ideale.

Un secondo codice è stato realizzato per ottenere le pendenze trasversali. Il codice fa uso dei punti acquisiti in andata e ritorno e restituiti utilizzando la stazione fissa di Cutro. Non è stato possibile fare uso delle acquisizioni da VBox per la loro insufficiente precisione in quota.

In figura 6 sono riportati, per una curva, i valori della pendenza trasversale ricavati dalle acquisizioni con frequenza di 1 Hz. In figura 7 si osserva il confronto tra pendenze rilevate e pendenze ottimali, rappresentate dalla spezzata in rosso. In questo caso si osserva una zona con valori anomali nella zona finale del tratto circolare.

In figura 8 sono riportate le pendenze ottenute per il tratto in curva in corrispondenza dell'intersezione a livelli sfalsati di figura 2. E' evidente l'andamento anomalo, che contribuisce a rendere il tratto poco sicuro. I risultati sono stati utilizzati per mettere a punto la scheda di Road Safety Review.

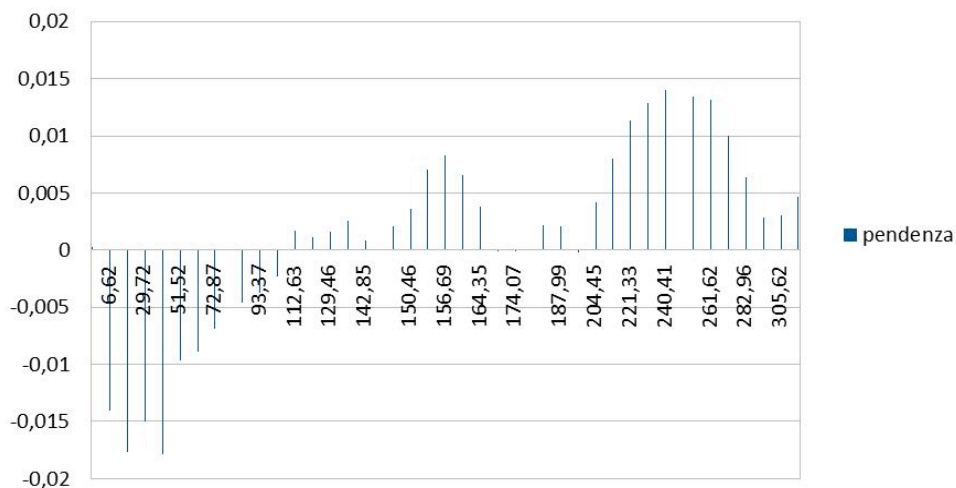


Figura 8. Pendenze trasversali anomale in corrispondenza dell'intersezione a livelli sfalsati.

Conclusioni

I dati acquisiti con tecniche geomatiche, ed in particolare con GNSS cinematico, sono stati utilizzati per ottenere le caratteristiche geometriche di un tratto stradale e di due intersezioni. Queste caratteristiche sono state utilizzate anche per eseguire la *Road Safety Review* per le intersezioni stesse.

Bibliografia

Artese G., Perrelli M., Vitale A. (2013), "Il comportamento dei guidatori nel caso di incidenti stradali: tracciamento e ricostruzione delle dinamiche con sistemi GNSS", Convegno SIFET 2013 – 26/28 Giugno– Catania – Tecniche moderne della Geomatica e loro applicazioni in ambito legale e forense.

Guido G., Silvestri G., Vitale A. (2012), "Analisi di incidentalità e Road Safety Review sulla S.S. 18 Tirrena Inferiore", *Strade e Autostrade*, 2-2012, 162-165

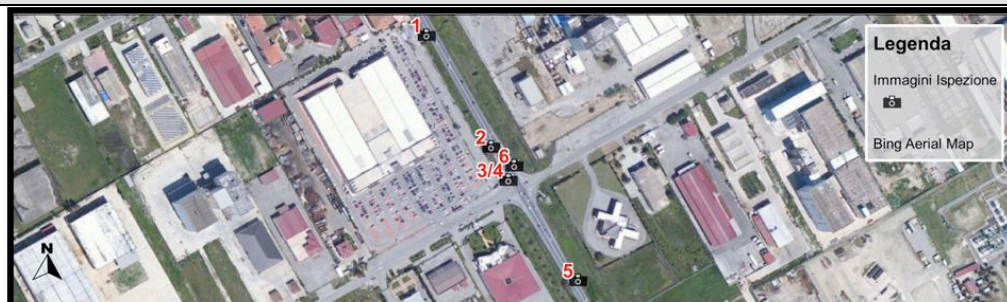
Nota

La presente ricerca è stata condotta nell'ambito del progetto *M2M – MOBILE TO MOBILITY - Sistemi Informativi e di Telecomunicazione per la Sicurezza Stradale* (PON01_01541)

AMBITO CRITICO N. 1

LOCALIZZAZIONE	Lat: 39° 63' 18,10" N, Long: 17° 58' 56,20" E (39.105502777, 17.09822777)
	Intersezione a raso a quattro bracci della S.S. 106 con via Avogadro, a Sud-Ovest, e via Corridoni, a Nord-Est.
PRINCIPALI CRITICITÀ	<ul style="list-style-type: none"> • GEOMETRIA INADEGUATA. LA SEZIONE PRESENTA DIMENSIONI NON COERENTI CON IL TIPO DI STRADA E IL TRAFFICO RISCONTRATO, SPECIALMENTE NON RISULTANO DIMENSIONATE ADEGUATAMENTE LE CORSIE SPECIALIZZATE PER L'USCITA E L'INGRESSO SULLA STRADA PRINCIPALE. • ASSENTI LE CORSIE DI ACCUMULO PER LE MANOVRE DI SVOLTA DALLA STRADA PRINCIPALE VERSO LE DUE VIE SECONDARIE, CON DERIVANTE RISCHIO DI TAMPONAMENTO. • ASSENTE LA SEGNALEZIONE DI PREAVVISO E, CONSEGUENTEMENTE LA PERCEZIONE, DELLA STESSA INTERSEZIONE. • ASSENTI LE BARRIERE DI RITENUTA SULLA STRADA PRINCIPALE, NONOSTANTE IL DISLIVELLO OLTRE IL MARGINE STRADALE E IN PRESENZA DI OSTACOLI ESTREMAMENTE PERICOLOSI E LESIVI IN CASO DI IMPATTO VIOLENTO (PALI, PANNELLI PUBBLICITARI, ETC.). • LA SEGNALETICA ORIZZONTALE È PRESENTE E VISIBILE ESCLUSIVAMENTE SULLA STRADA PRINCIPALE, MENTRE È QUASI COMPLETAMENTE NON VISIBILE SULLE CORSIE DI ACCELERAZIONE E DECELERAZIONE. QUESTA MANCANZA DETERMINA L'ULTERIORE PERICOLO PER CUI SI HA UNA PERCEZIONE DI CONTINUITÀ DEL TRACCIATO IN RETTIFILLO PIUTTOSTO CHE DELL'APPROSSIMARSI DELL'INTERSEZIONE, SPECIE IN CONDIZIONI DI SCARSA VISIBILITÀ. • INOLTRE, POICHÉ L'INTERSEZIONE È SITUATA SU UN LUNGO RETTILINEO, INSORGONO RISCHI LEGATI AD ECESSO DI VELOCITÀ E TAMPONAMENTI.
RACCOMANDAZIONI	<ul style="list-style-type: none"> • ADEGUAMENTO DELLA SEZIONE STRADALE SECONDO QUANTO PREVISTO DAL DM 5/11/2001 PER LE STRADE DI TIPO "C1". • REALIZZAZIONE E ADEGUAMENTO LADDOVE PRESENTI, DELLE CORSIE SPECIALIZZATE PER LE MANOVRE DI SVOLTA, SECONDO QUANTO PREVISTO DAL DM 19/4/2006. • REALIZZAZIONE DI UN'IDONEA SEGNALETICA ORIZZONTALE, OLTRE AL MIGLIORAMENTO DELLA MANUTENZIONE DEL MARGINE STRADALE. • PREDISPOSIZIONE DI OPPORTUNA ED EVIDENTE SEGNALETICA VERTICALE DI PREAVVISO DELL'INTERSEZIONE. • INSERIMENTO DI DISSUASORI DI VELOCITÀ O INTERVENTI DI TRAFFIC CALMING SULLA STRADA PRINCIPALE, IN AVVICINAMENTO ALL'INTERSEZIONE.

IMMAGINI RAPPRESENTATIVE



AMBITO CRITICO N. 2

LOCALIZZAZIONE	Lat: 39° 52' 42,70" N; Long: 17° 65' 13,50" E (39.087852777, 17.108708333)
	Intersezione a livelli sfalsati a rampa unica con regolazione semaforica, che consente l'uscita e l'ingresso tra la S.S. 106 e la parte più a Nord della città di Crotone.
PRINCIPALI CRITICITÀ	<ul style="list-style-type: none"> ERRATA GEOMETRIA DELLA RAMPA A TROMBETTA, SPECIE LA CURVATURA PRESENTA PUNTI DI DISCONTINUITÀ CHE DETERMINANO BRUSCHE VARIAZIONI DI TRAIETTORIA, FRENATE E PERDITE DI ADERENZA. CRITICITÀ ACCENTUATA DALLA FORTE PENDENZA DELLA RAMPA STESSA E DAL GENERALE DIMENSIONAMENTO INADEGUATO DELL'INTERSEZIONE. ULTERIORE ERRORE PROGETTUALE È RAPPRESENTATO DALLE PENDENZE TRASVERSALI SULLA STRADA PRINCIPALE. DALL'ANALISI ESEGUITA UTILIZZANDO I DATI GPS, LA CURVA HA PENDENZA TRASVERSALE PRATICAMENTE NULLA NEL TRATTO CENTRALE. IL FENOMENO ACCRESCE L'ACCELERAZIONE CENTRIFUGA CHE I VEICOLI SUBISCONO NEL PERCORRERE LA CURVA. IMMEDIATAMENTE A SUD, LUNGO LA S.S. 106, SONO PRESENTI DUE ULTERIORI INTERSEZIONI, CON CORSIE DI ACCUMULO PER LA SVOLTA E PER L'IMMISSIONE, LE QUALI DETERMINANO NOTEVOLI INFLUENZE E NUMEROSI CONFLITTI TRA LE CORRENTI VEICOLARI. CRITICITÀ RAFFORZATA DALLA PRESENZA DI ULTERIORI ACCESSI LATERALI SECONDARI. IL POSIZIONAMENTO IN CURVA, ASSOCIATO A UNA SEGNALEZIONE INSUFFICIENTE, RENDE IMPRUDENTE L'APPROCCIO ALL'INTERSEZIONE. LE LANTERNE SEMAFORICHE SONO POCO VISIBILI, POICHÉ POSIZIONATE A SEGUITO DI RAGGI DI CURVATURA ESTREMAMENTE RIDOTTI: NON SI HA CONTEZZA DEL "COLORE" DEL SEMAFORO SE NON QUANDO SI È GIÀ SULLA LINEA D'ARRESTO. CATTIVA MANUTENZIONE GENERALE, PAVIMENTAZIONE DETERIORATA, SEGNALETICA NON CHIARAMENTE VISIBILE, MARGINE STRADALE E ISOLE DIVISIONALI IN EVIDENTE STATO DI DEGRADO.
RACCOMANDAZIONI	<ul style="list-style-type: none"> ADEGUATA PROGRAMMAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE, CON PARTICOLARE ATTENZIONE AL MARGINE DELLA STRADA, ALLA PAVIMENTAZIONE E ALLA SEGNALETICA ORIZZONTALE E VERTICALE. MIGLIORAMENTO DELLA SEGNALETICA DI PREAVVISO DELL'INTERSEZIONE SEMAFORIZZATA, ACCOMPAGNATO DALLA REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI TRAFFIC CALMING SU TUTTI I RAMI DELL'INTERSEZIONE. RIPOSIZIONAMENTO LANTERNE SEMAFORICHE. CHIUSURA DI UNA DELLE DUE INTERSEZIONI A SUD DEL CONTESTO CRITICO, POICHÉ ENTRAMBE COLLEGANO AREE ADIACENTI E FACILMENTE COLLEGABILI INTERNAMENTE SENZA AUMENTARE SENSIBILMENTE I TEMPI DI PERCORRENZA. CHIARAMENTE PIÙ ONEROSO, IN TERMINI ECONOMICI E TEMPORALI, L'ADEGUAMENTO GEOMETRICO DELL'INTERSEZIONE CHE RIGUARDA I RAGGI DI CURVATURA, LE PENDENZE TRASVERSALI E IL DIMENSIONAMENTO DELLE CORSIE SPECIALIZZATE.

IMMAGINI RAPPRESENTATIVE

