



MAPPATURA DELLE TRATTE CRITICHE DI UNA RETE STRADALE A PARTIRE DA PUNTAZIONI D'ASSE 3D

Nome Autore. Maurizio Mancinetti, m.mancinetti@stradeanas.it

Altro Autore. Fabio Martinelli, f.martinelli@stradeanas.it

Parole chiave: incidentalità; tratte omogenee; tratte critiche.

ABSTRACT

Partendo dalle punteggiature del grafo stradale, e dalle informazioni archiviate in banca dati, per ogni punto del grafo si calcola la curvatura, e tramite la relazione "pendenze trasversali-velocità-curvature" si ricava una velocità di progetto. Si analizza la sequenza delle curvature (velocità) come un diagramma di velocità, e con gli stessi criteri di valutazione si procede ad assegnare giudizi di merito agli elementi di rete.

Ulteriori valutazioni sono espresse nel confronto tra classifica amministrativa e composizione piattaforma ovvero si confronta la funzione assegnata all'arco di rete con gli elementi che compongono la piattaforma: numero di corsie, presenza di banchine, spartitraffico. Si valuta anche l'influenza dell'ambiente circostante: tratti in galleria e attraversamento di centri urbani.

Tramite funzioni di overlay lineare si ricava un giudizio complessivo e con l'uso di tabelle pivot, discretizzando i valori, si riescono ad individuare le tratte omogenee per "fattori di criticità geometrica"

Associando alle tratte omogenee così ottenute volumi di traffico e dati di incidentalità, e ripetendo la stessa metodologia di overlay, si ottiene la mappatura delle tratte critiche di una rete stradale.

La messa a sistema delle informazioni è di tipo multicriteriale. La scelta degli indicatori, la loro composizione e i coefficienti/pesi dipendono dall'itinerario oggetto di analisi.

1. Introduzione

L'obiettivo della mappatura delle tratte della rete stradale in termini di criticità è una delle azioni intraprese al fine di aumentare la sicurezza dell'utente.

La classificazione dei tratti ad elevata concentrazione di incidenti è rappresentata dall'elenco dei tratti stradali omogenei classificati in base all'incidentalità rilevata dai dati ISTAT e dei centri di monitoraggio della sicurezza stradale regionali.

L'evento incidentale non è sempre e direttamente correlato a carenze infrastrutturali e pertanto è necessario analizzare il sistema stradale nel suo complesso attraverso un'analisi delle relazioni esistenti tra i diversi elementi componenti il sistema ovvero "uomo-veicolo-ambiente-infrastruttura" al fine di valutare correttamente le cause.

L'uomo detiene un ruolo centrale nel sistema in quanto è l'unico elemento che può adattare il proprio comportamento a quello degli altri elementi e per tale motivazione rappresenta spesso, con il suo comportamento non corretto, la causa principale dell'evento incidentale.

La corretta percezione da parte dell'uomo delle informazioni, geometriche e gestionali, dell'infrastruttura stradale riveste una grande importanza nel fenomeno incidentale. L'uomo deve adattare il suo comportamento, in una data infrastruttura, in funzione del veicolo condotto e delle condizioni ambientali in cui l'infrastruttura si inserisce.

L'uomo è, oltre che l'utilizzatore, anche il gestore dell'infrastruttura e pertanto attraverso una sua corretta gestione nel tempo ne garantisce una migliore funzionalità ed una maggiore sicurezza.

ANAS attualmente gestisce una rete infrastrutturale di circa 26.500 km che si sta ampliando fino a oltre 30.000 km per la riacquisizione di numerose tratte di strade regionali e provinciali.

La gestione di una rete infrastrutturale così estesa richiede l'adozione di una metodologia che possa garantire un efficace esame del funzionamento della rete.

2. L'esigenza

In ottemperanza a quanto dettato dal D.Lgs. 35/11 "Attuazione della direttiva 2008/96/CE sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture" e dalle linee guida del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali, occorre procedere all'analisi della rete, individuare tratte omogenee di tracciato, classificarle in termini di sicurezza e fornire indicazioni utili alla programmazione degli interventi di manutenzione.

Per la sicurezza dell'utente è quindi necessario definire i fattori di rischio, risalire alle criticità ed eseguire analisi di incidentalità su tronchi omogenei di infrastruttura.





2.1 I dati disponibili per l'analisi

I dati a disposizione per eseguire l'analisi sono costituiti:

- dal grafo della rete stradale e dalle informazioni contenute all'interno della banca dati di Catasto Strade Anas;
- dai dati di incidentalità;
- dai flussi di traffico.

Il grafo è costituito da Routes di polilinee 3d calibrate con la posizione dei cippi chilometrici lungo la rete stradale. A questa ascissa curvilinea sono associate diverse banche dati, tra cui quella che contiene, la classifica funzionale della tratta, gli elementi della piattaforma stradale, il numero di corsie, la presenza di banchine, le opere d'arte, i dispositivi di ritenuta etc...

Ai fini della classificazione delle criticità, oltre queste caratteristiche, è necessario a mettere a sistema i dati relativi alle analisi di traffico, all'incidentalità, alle verifiche di visibilità, ed eventualmente, alle caratteristiche ambientali che si riterranno rilevanti nel corso del processo di analisi.

Le risultanze dell'analisi saranno funzionali alla classificazione della rete in tratte omogenee per livelli di criticità. Tale classificazione potrà essere utilizzata nella pianificazione degli interventi di manutenzione unitamente alla redazione dell'analisi costi/benefici per stabilire fattibilità e livelli di priorità intervento.

3. La soluzione

Tenuto conto dell'estensione e della complessità della rete da analizzare si è pensato di prendere in considerazione un primo approccio di larga scala che consenta di caratterizzare tutta la rete con pochi semplici indicatori. Successivamente, sulle tratte omogenee ricavate dal primo step, con indice di criticità più elevato, si potrà eseguire un secondo e più approfondito livello di analisi, al fine di esaminare tutti i possibili fattori di rischio.

Le caratteristiche geometriche dell'infrastruttura, nel corso del primo step di analisi, possono essere acquisite dalla banca dati di Catasto Strade, successivamente potranno essere effettuate operazioni di riconoscimento degli elementi d'asse da cartografia e ortofoto di banche dati on line ovvero acquisite tramite il mezzo sviluppato dal Centro Sperimentale di Cesano denominato Cartesio. Tale mezzo potrà anche fornire un'altra importante serie di dati sulla pavimentazione, sulla pendenza trasversale e su tutti gli elementi di arredo della piattaforma e sulla segnaletica verticale e orizzontale.

L'approccio al modello di Analisi di primo livello volto ad individuare e caratterizzare, in termini di sicurezza, i tronchi omogenei dell'infrastruttura stradale, si sviluppa attraverso i seguenti punti:

- 1) Acquisizione dei dati presenti all'interno della Banca Dati di Catasto Strade;
- 2) Analisi delle caratteristiche geometriche e di piattaforma;
- 3) Overlay dei fattori di rischio geometrici e funzionali;
- 4) Definizione dei tronchi omogenei e loro classificazione in termini di sicurezza;
- 5) Overlay con i dati di incidentalità e traffico; riclassificazione dei tronchi omogenei;
- 6) Creazione di Report e mappe;

La messa a sistema delle informazioni sarà di tipo multicriteriale. Ogni aspetto sarà rappresentato da una serie di indicatori. La scelta degli indicatori, la loro composizione e i coefficienti/pesi da assegnare a ciascuno dipenderanno dalle particolarità dell'itinerario oggetto di analisi.

3.1 STUDIO PROPEDEUTICI

3.1.1 GRAFICO VELOCITA'- INCIDENTI SU UNA TRATTA DELLA SS36

Nei primi grafici costruiti ad inizio studi, sono state sovrapposte curvature (velocità di progetto) e numero di incidenti, numero di morti. Come esempio si riporta un tratto della SS36 tra i km 23 e 31. Il grafico riporta: l'intervallo di velocità di progetto associato al tipo di strada risulta compresa tra i limiti di tratteggio nero, in verde la velocità di progetto ricavata dal passaggio punteggiamenti d'asse-curvature-velocità (dato poco preciso ma comunque interpretabile), in magenta e azzurro curve che interpolano i dati di incidentalità e mortalità. A seguire la tipologia di sezione, in questo caso costante



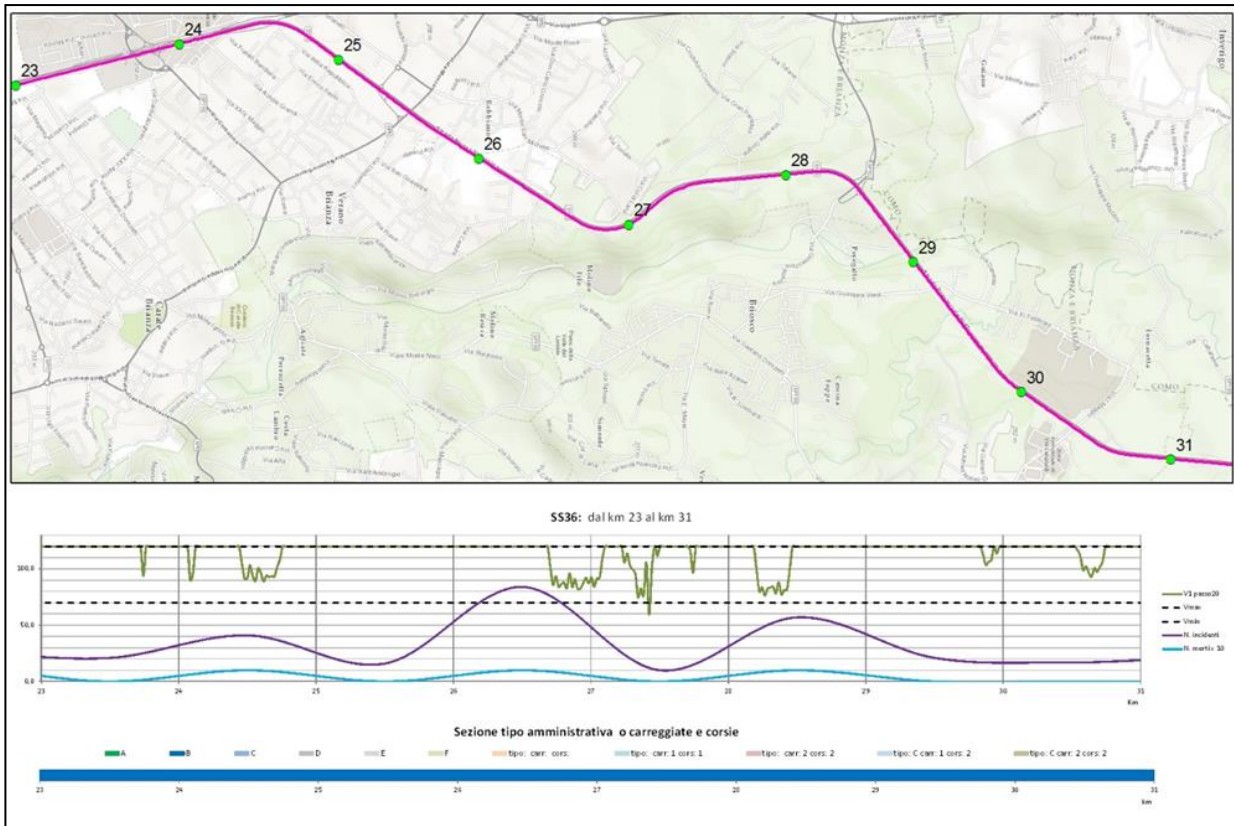


Figura 1. Confronto dati: mappa SS36, grafico velocità-incidenti, sezione Tipo

È evidente la corrispondenza delle tratte con variazioni sostanziali di velocità e i tratti in cui si sono verificati incidenti.

3.1.2 LA MESSA A SISTEMA DELLE INFORMAZIONI SULLA SS29

In un secondo esempio si riportano i primi tentativi di messa a sistema delle informazioni. La mappa mostra un tratto della SS29 tra i km 115 e 133.

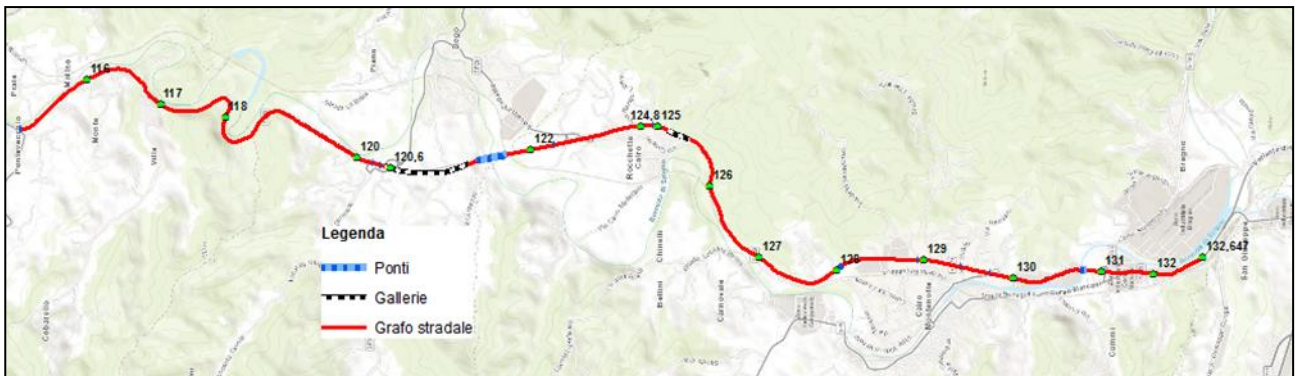


Figura 2. Mappa SS29.

A seguire la stessa tipologia di grafico già mostrata in precedenza dove però è possibile notare: che l'intervallo di velocità di progetto si riduce in presenza dei centri abitati, al km 118 le curvature impongono velocità inferiori all'intervallo di velocità di progetto, e di nuovo si nota una correlazione tra incidenti e variazioni di velocità.



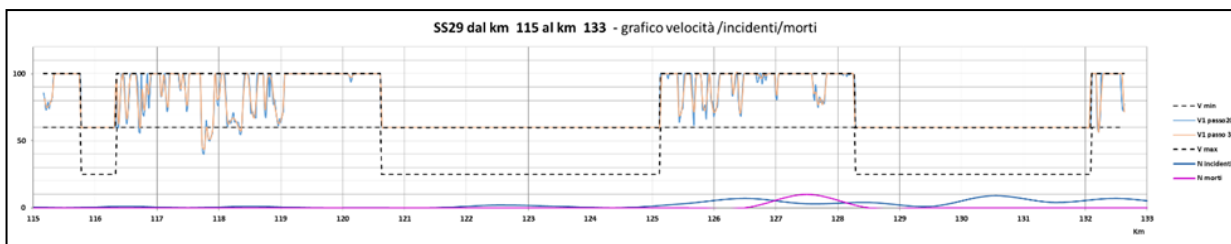


Figura 3. Confronto dati: velocità-incidenti

Nei grafici seguenti, sempre in corrispondenza delle stesse chilometriche è possibile leggere altre informazioni come sezione tipo amministrativa archiviata in banca dati catasto (e contestuale presenza di centri abitati), flussi di traffico (TGM), tratte omogenee così come archiviate in banca dati catasto, presenza di banchine, presenza di gallerie.

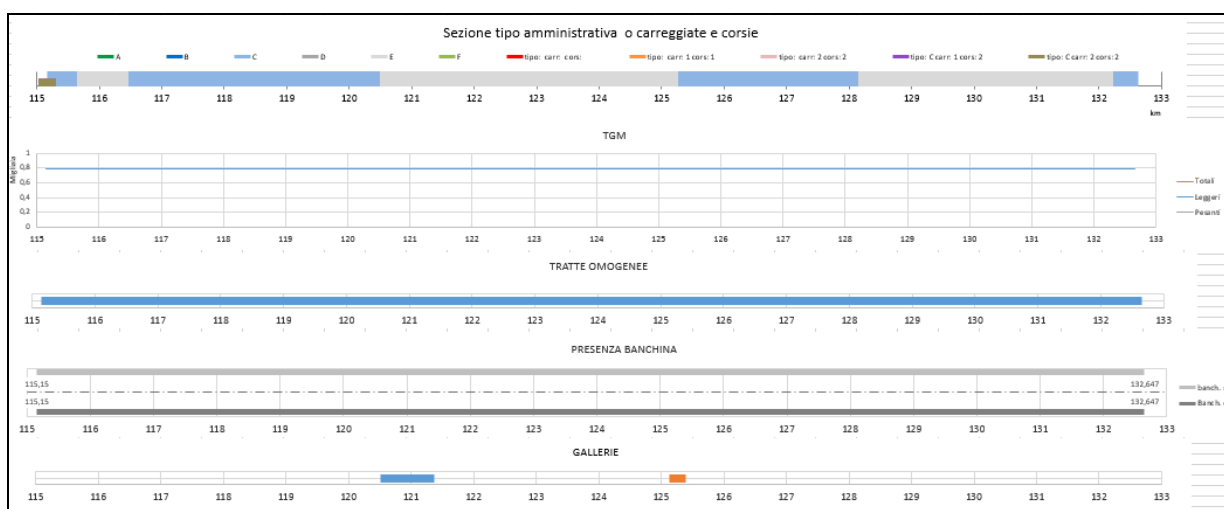


Figura 4. Confronto dati: Sezione tipo, Volumi di Traffico, Classifica funzionale, presenza Gallerie

Proseguendo con la messa a sistema delle informazioni dal profilo longitudinale si intuisce che la strada presenta diversi tratti con pendenza media costante.

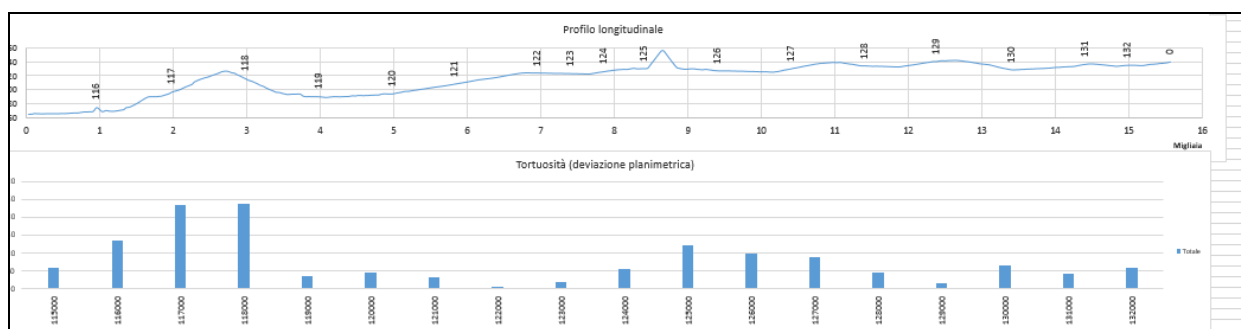


Figura 5. Confronto dati: Profilo longitudinale, Tortuosità chilometrica

Utilizzando una funzione di sommatoria della deviazione angolare con tabelle pivot che ne riportano il valore al chilometro si possono assegnare dei giudizi alle tratte anche in base al valore di tortuosità.

3.2 L'USO DEL GIS NELL'ANALISI DI PRIMO LIVELLO

Il passaggio all'ambiente GIS ha contribuito notevolmente allo sviluppo di una corretta visualizzazione analisi e interpretazione dei dati. Per quanto sopra esposto si tratta di un'analisi multicriterio per il riconoscimento delle tratte omogenee. Le caratteristiche geometriche sono riassunte nelle seguenti componenti: andamento planimetrico, andamento altimetrico, piattaforma, presenza di gallerie.

Ognuno di queste componenti è valutata tramite il set di indicatori sotto riportato:





COMPONENTI STRUTTURA AMC	INDICATORI
Andamento Planimetrico	Valutazione tramite classi di curvatura
	Valutazione del tracciato in andata e ritorno
	Valutazione della tortuosità
Andamento Altimetrico	Valutazione del valore di pendenza longitudinale
	Valutazione sull'andamento del profilo longitudinale
Piattaforma	Valutazione della sezione tipo
	Valutazione sulla presenza/assenza della banchina
Gallerie	Valutazione sulla lunghezza della galleria
	Valutazione sulla distanza tra successivi imbocchi di gallerie

Le valutazioni sugli indicatori sono espresse con punteggio da 1 a 5 (verde-rosso), dal migliore al più critico.

Utilizzando una metodologia di scontro a coppie (Elettra) si definiscono i pesi dei coefficienti e si procede con l'analisi multicriteri. Si riporta un diagramma di confronto dei pesi utilizzati.

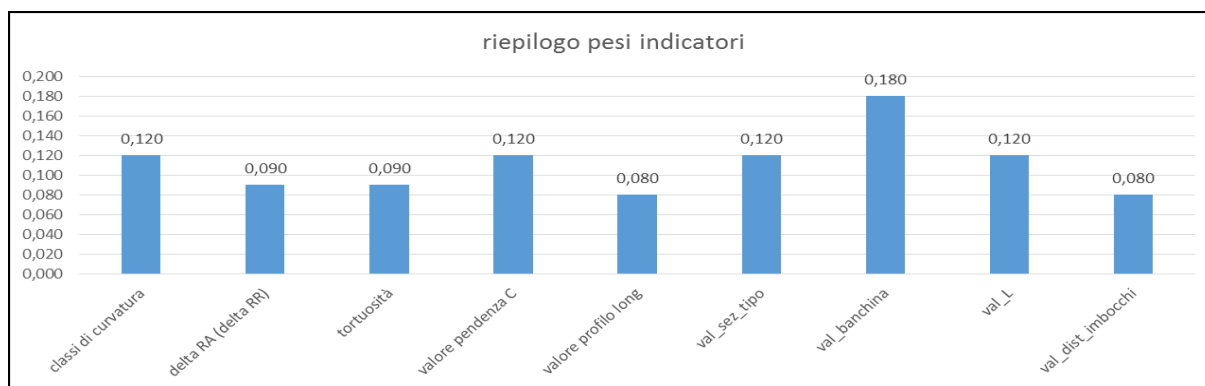


Figura 6. Confronto pesi indicatori di Analisi

Nella tabella sono riportate le valutazioni delle componenti rapportate al chilometro. L'ultima colonna è la somma pesata delle componenti ed esprime il giudizio finale. In rosso le tratte chilometriche più critiche.

Etichette di riga	Somma di AMC_AND_PLA_x_L	Somma di AMC_AND_ALT_x_L	Somma di AMC_PIATTA_x_L	Somma di AMC_GALL_x_L	Somma di AMC_COMPO_x_L
115000	243,75	97,94	228,88	0	570,57
116000	410,61	211,792	273,92	0	896,322
117000	496,7475	220,569	260	0	977,3165
118000	561,1075	189,481	260	0	1010,5885
119000	270,375	101,675	260	0	632,05
120000	268,135	105,025	274,92	365,715	1013,795
121000	275,525	100	300	282,1875	957,7125
122000	250	100	300	0	650
123000	250	100	300	0	650
124000	273,3225	101,675	300	0	674,9975
125000	385,8	235,175	265,44	153,27	1039,685
126000	347,25	101,675	260	0	708,925
127000	300,5825	103,417	260	0	663,9995
128000	250	100	288,48	0	638,48
129000	250	109,916	300	0	659,916
130000	297,4	100	300	0	697,4
131000	264,235	100	300	0	664,235
132000	203,025	64,0763	171,326	0	438,4273





La figura seguente rappresenta le criticità che derivano dalla sommatoria pesata totale, che esprime la sintesi delle criticità delle analisi di primo livello (per la rappresentazione su mappa di tutti gli indicatori si rimanda al contenuto della presentazione in power point).

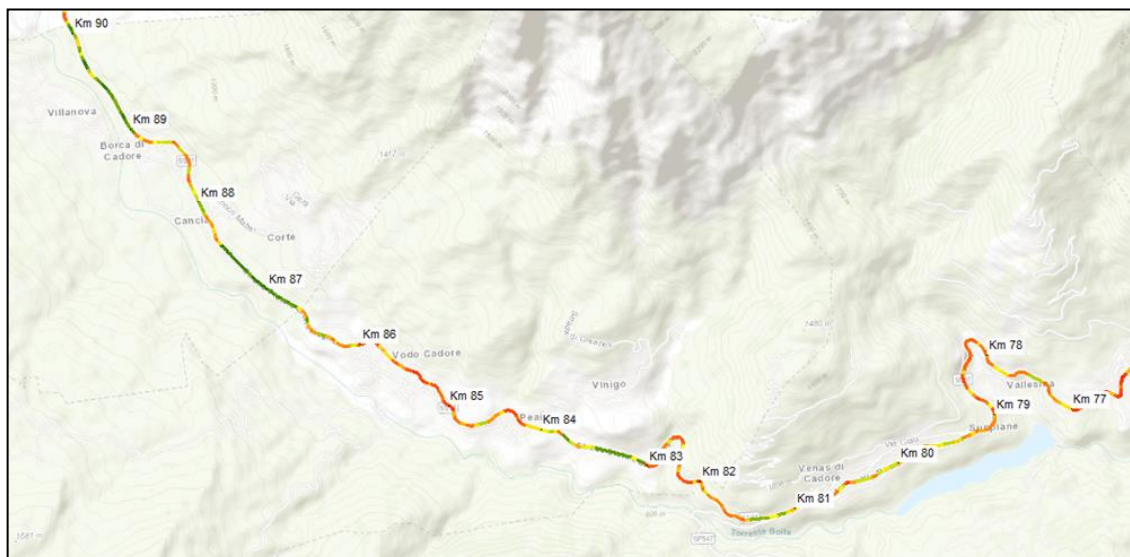


Figura 7. Step intermedio di analisi: Overlay delle componenti

Individuate le caratteristiche geometriche lungo l'asse si tratta ora di stabilire i tratti stradali omogenei per caratteristiche funzionali e geometriche. Le caratteristiche funzionali sono riassunte nell'indicatore sezione tipo mentre le caratteristiche geometriche sono espresse dall'indicatore di sintesi delle criticità sopra rappresentato. Gli intervalli che suddividono l'asse stradale in tratte omogenee sono infine ricavati dal confronto tra sezione tipo e indicatore di sintesi delle criticità i cui valori sono opportunamente arrotondati in modo da ottenere intervalli di lunghezza maggiore o uguale ad 1 km. Nella figura seguente si riporta un esempio di localizzazione delle tratte omogenee ottenute applicando la metodologia descritta. La figura mostra solo l'alternanza delle diverse tratte omogenee per geometria e piattaforma.

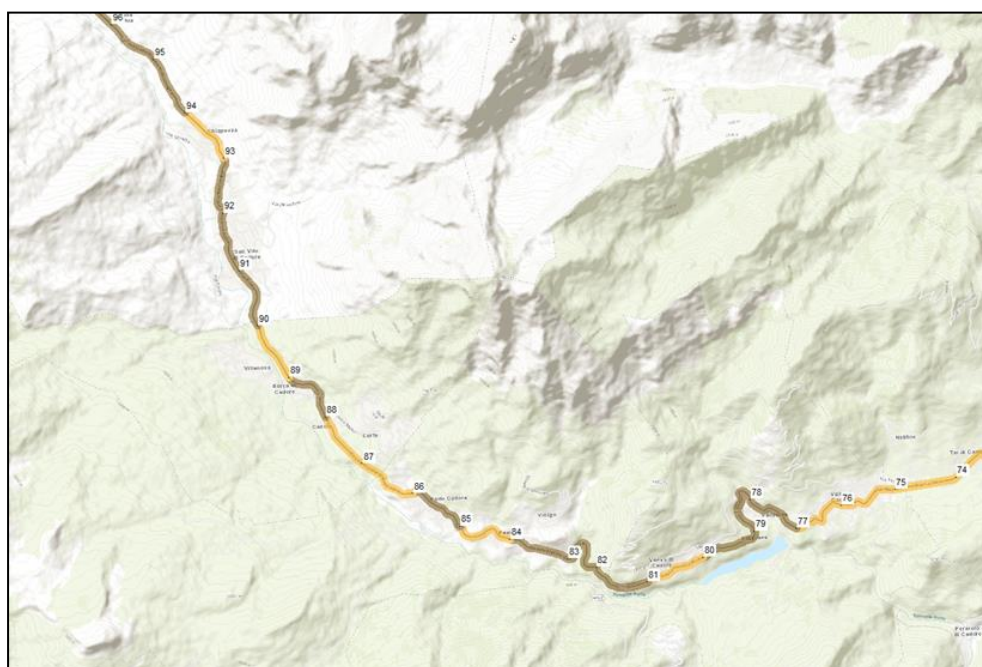


Figura 8. Step finale di analisi suddivisione tratte omogenee

La loro caratterizzazione in termini di criticità risulta invece la seguente:



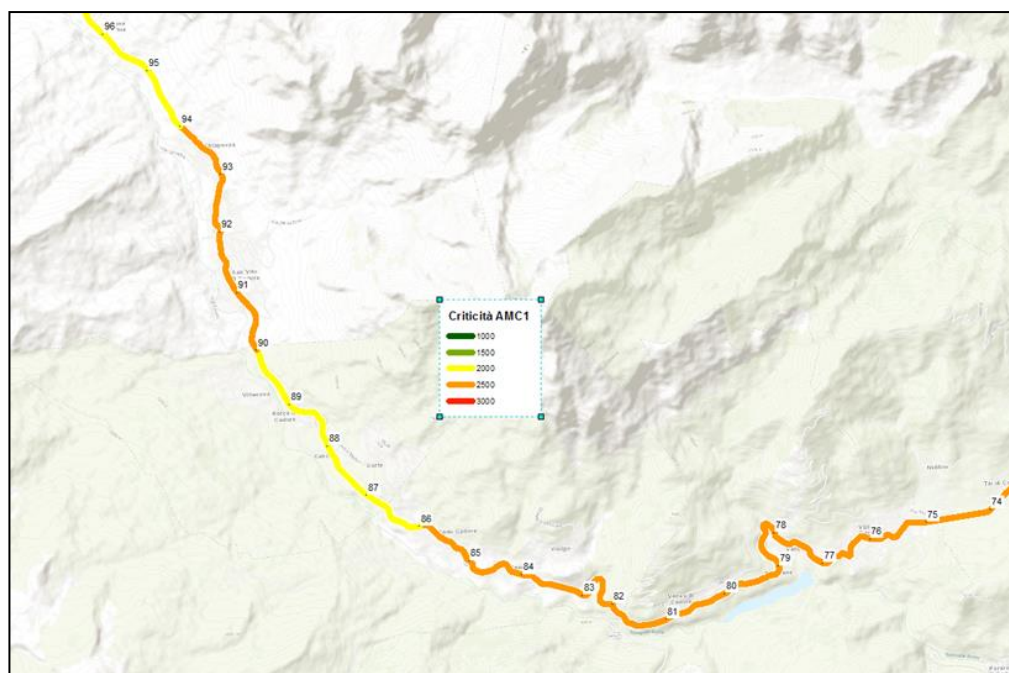


Figura 9. Step finale di analisi: Classificazione per criticità delle tratte omogenee

4. Conclusioni

Uno dei principali benefici che derivano dall'individuazione e caratterizzazione delle tratte critiche riguarda l'analisi di incidentalità nella sicurezza stradale.

Attualmente i dati di incidentalità sono analizzati su tratte omogenee per livelli di traffico, classifiche funzionali e limiti centri abitati. La sommatoria pesata delle criticità geometriche e di incidentalità sulle tratte omogenee così individuate rappresenta un ulteriore step di questo primo livello di analisi e consente di individuare le tratte più critiche sulle quali prioritariamente andrà approfondito lo studio e definisce in maniera esplicita i fattori di rischio connessi all'infrastruttura.

Dal punto di vista della gestione dell'infrastruttura l'individuazione delle tratte omogenee e la loro classificazione in termini di criticità costituisce un valido supporto alla programmazione degli interventi di manutenzione.

Ringraziamenti

Un ringraziamento ai colleghi Anas del servizio Pianificazione Trasportistica Aggiornamento e Classificazione Rete per il supporto nello svolgimento della metodologia: al responsabile del Catasto Domenico Fernandez, ai colleghi Pier Paolo Cartolano e Pier Giorgio D'armini per i dati di traffico, a Cristina Ferrari e Stefano Focarelli per il loro supporto in ambiente Gis.

Un ringraziamento particolare al dirigente del Servizio Pianificazione Trasportistica Ing. Ilaria Coppa per il supporto e la libertà di lavoro autonomo che ci concede nello svolgimento delle nostre funzioni.

Grazie agli amici e colleghi Stefano Oddone e Donatella Tugnoli della Direzione DICT (Direzione Information Communication Technology) per la loro incessante disponibilità e supporto software specialistico.

Infine un ultimo sentito ringraziamento alla collega Barbara Bianchini che con il suo instancabile impegno ci ha trasmesso la passione per le analisi di incidentalità: con Lei abbiamo condiviso il percorso metodologico descritto e programmato l'attività futura.

5. Riferimenti

- D.Lgs. 15/3/2011 n. 35. Attuazione della direttiva 2008/96/CE sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2012). Allegato al D.M. previsto dall'art.8 del D.Lgs. 35/11: *Linee Guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali*.
- D.M. 5/11/2001: Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.

