

**XVIII Convegno Tecnico ACI**

**RETE STRADALE:INCIDENTALITA' E GOVERNO DELLA MOBILITA'**

**26-27 giugno 2008**

**Roma**

## **Il rapporto tra norme progettuali ed infrastrutture stradali: effetti sulla sicurezza**

**Maria Rosaria De Blasiis**

**Andrea Benedetto**

**dal lavoro di Carlo Benedetto**

**UNIVERSITA' ROMA TRE**

**CRISS Centro di Ricerca Interuniversitario sulla Sicurezza Stradale**

### **Sintesi dell'intervento**

L'infrastruttura stradale, come ogni altra opera di ingegneria, deve soddisfare precise esigenze funzionali nel rispetto di un adeguato livello di sicurezza.

Ciò che distingue la strada da ogni altro manufatto di ingegneria civile è la constatazione della rilevante influenza che le scelte progettuali determinano sul comportamento degli utenti e come, a parità di altre condizioni, tali comportamenti siano fortemente dipendenti dalle condizioni d'esercizio.

Purtroppo, per motivi storici, il tradizionale approccio progettuale prescinde da un'adeguata considerazione di questi mutui condizionamenti e da ciò discende una rilevante responsabilità della strada nel determinare gli attuali livelli di incidentalità.

Le responsabilità della strada che concorrono a determinare un evento incidentale sono molteplici e dipendono da cause diverse. Tra queste ricorrono frequentemente:

1. un contatto ruota/strada che, per una inadeguata esecuzione delle sovrastrutture o, più frequentemente, come conseguenza di gravi ammaloramenti della pavimentazione, non garantisce idonei valori di aderenza;
2. anomale situazioni locali, sia geometriche, sia funzionali, che si definiscono comunemente insidie in quanto non possono essere previste in tempo utile dall'utente;
3. geometrie progettuali che, pur compatibili localmente con la cinematica e la dinamica del veicolo isolato, non garantiscono nel loro complesso la funzionalità sistemica dell'infrastruttura;
4. un'offerta di servizio che, discostandosi sensibilmente dalle aspettative degli utenti, determina l'accettazione di più elevati livelli di rischio e un conseguente incremento di manovre in debito di sicurezza.

Ora si analizzeranno sinteticamente i seguenti quattro punti.

Le garanzie di qualità della **superficie viaria** sono assicurate da opportune tecniche costruttive e manutentorie. Da questo punto di vista però il tema della sicurezza è spesso sottovalutato. La dimostrazione più evidente la forniscono i “cataloghi degli ammaloramenti” a cui si fa riferimento per descrivere e quantificare il livello di degrado della sovrastruttura.

Per ogni tipologia infatti, la severità del degrado è correlata ai suoi caratteri fisici e alla sua diffusione, piuttosto che ai livelli di rischio che ne derivano per l’esercizio viario. Ciò è conseguenza del fatto che, da sempre, le politiche manutentorie perseguono l’efficacia finanziaria dei programmi di spesa cadenzando le tempistiche d’intervento in funzione del “valore residuo” della sovrastruttura.

Per ciò che concerne le **anomalie locali**, l’interpretazione corrente è che sia sufficiente una tempestiva segnalazione di particolari condizioni di rischio per trasferire sull’utente ogni responsabilità per l’eventuale sinistro. Ciò trova giustificazione nel convincimento che il preavviso sia condizione necessaria e sufficiente per imporre all’utente della strada comportamenti di eccezionale prudenza, indipendentemente da un reale apprezzamento del rischio.

La più evidente conseguenza di tale assunzione è un indiscriminato ricorso alla segnaletica che, il più delle volte, non realizza i suoi obiettivi per diversi ordini di motivi. Tra questi:

l’assuefazione a segnali, spesso ripetitivi, che a causa della loro frequenza vengono interpretati dall’utente come elementi di arredo stradale;

il comportamento imposto che, stabilito sulla base di criteri fortemente cautelativi, non trova riscontro nell’ordinaria prudenza assunta dall’utente nei confronti di un rischio non palese.

E’ maturato ormai il comune convincimento che la qualità del progetto non possa essere soddisfatta se si prescinde da una verifica delle **mutue coerenze tra le geometrie d’asse e di piattaforma**. Al riguardo numerosi riferimenti normativi e di letteratura, dopo aver suggerito alcune elementari correlazioni tra gli standard, dopo aver introdotto alcuni rudimentali criteri per evitare significative anomalie prospettiche, hanno trovato con il D.M. 5.11.2001 un’ulteriore codifica nella verifica del cosiddetto “diagramma delle velocità”. Tuttavia nessuno dei metodi proposti può ritenersi soddisfacente in quanto nessuno di essi tiene conto degli effetti indotti sull’utente dalle condizioni di fruizione della strada. Si rende così necessario sostituire al tradizionale approccio progettuale quello della verifica.

A questo proposito si devono distinguere le nuove realizzazioni dagli interventi finalizzati ad adeguare le strade esistenti alle mutate esigenze della circolazione.

Per gli adeguamenti infatti è indispensabile che l’analisi del progetto sotto il profilo della sicurezza sia comunque estesa alle tratte a monte e a valle della zona d’intervento, ciò al fine di accertare che non si trasferiscano altrove oggettive situazioni di rischio (migrazione dei “punti neri”). In sostanza, la progettazione in sicurezza richiede l’attuazione di un processo iterativo nell’ambito del quale assume un ruolo fondamentale il momento della verifica.

Il mancato adeguamento dell’ingegneria stradale alle regole della moderna circolazione veicolare si giustifica da un lato per effetto della maggiore attenzione posta alle tecnologie costruttive, dall’altro perché sino ad epoca recente la concezione geometrica della strada non si è potuta giovare dello strumento principe di ogni disciplina scientifica rappresentato dalla verifica sperimentale.

Tale possibilità è oggi garantita dallo sviluppo delle tecnologie informatiche che hanno consentito di rendere operative avanzate strumentazioni per un’affidabile simulazione dell’esercizio viario in realtà virtuale.

Veniamo al quarto punto: la **valutazione soggettiva del rischio**.

Molti dei comportamenti sanzionati dalle leggi e dai regolamenti che presiedono all'esercizio viario sono conseguenza di una valutazione soggettiva del rischio da parte del conducente del veicolo che non trova riscontro nell'obbligo imposto dai regolamenti stessi.

Esemplare è il caso del mancato rispetto del limite di velocità sulle strade extraurbane interessate da un flusso di lunga percorrenza quando questo attraversa i centri abitati.

Sulla base di alcune campagne di rilevamenti che nel corso degli anni ha interessato alcune migliaia di chilometri della viabilità nazionale, si è constatato che in tutti i casi esaminati i transiti "illegali" erano sempre maggioritari e normalmente superiori all'85% del totale

Evidentemente ciò non può essere interpretato con la volontà da parte degli utenti di porsi coscientemente fuori legge. Molto più semplicemente il comportamento di guida imposto dalla segnaletica d'obbligo non trova riscontro in quello dettato dalla "normale" prudenza dell'utente medio. Di ciò è indispensabile tener conto sia per una corretta imputazione delle cause dei sinistri, sia per garantire la reale efficacia dei provvedimenti.

Numerose verifiche sperimentali condotte in ambiente virtuale hanno posto in evidenza che il rischio accettato dall'utente cresce con legge esponenziale al crescere del disagio e dei condizionamenti indotti dalle interferenze veicolari.

Come è noto tali condizionamenti sono quantitativamente descritti dalla curva di deflusso, che esprime la velocità media della corrente veicolare al variare della densità del flusso.

Pertanto, si può ritenere che per una tratta omogenea e per un particolare carico di traffico, un significativo indicatore del livello di disagio sia espresso dalla differenza tra la velocità desiderata dall'utente e la velocità media di esercizio imposta dalle condizioni locali di circolazione.

La velocità desiderata dall'utente dipende evidentemente in primo luogo dalle motivazioni dello spostamento, ovvero dalle ragioni per le quali l'utente generico si sposta.

Pertanto la valutazione del livello di disagio degli utenti deve essere effettuata stimando le velocità desiderate per componenti di flusso, da quelle pendolari e sistematiche a quelle occasionali, stagionali, turistiche o connesse a flussi produttivi.

Ne deriva un metodo matematico articolato di non immediata applicazione che sulla base di analisi non solo trasportistiche, ma territoriali, urbanistiche e sociali consente di ricostruire la struttura della domanda di mobilità.

La stima del livello di disagio è solo il primo passo del procedimento che consente di valutare la soglia di rischio accettata dall'utente. Infatti, per correlare la funzionalità della strada al suo scenario incidentale è necessario tener presente che questo dipende dal disagio "cumulato" subito dall'utente.

\* \*\* \*

*Per verificare la reale significatività della teoria del disagio, si è analizzato un ampio campione viario applicando la procedura di calcolo dell'indice di disagio e correlando ad esso gli incidenti reali imputabili alla responsabilità della strada.*

*Lo studio ha interessato 25 tratte stradali di 10 km appartenenti a 25 infrastrutture ad unica carreggiata ed unica corsia per senso di marcia. Si è scelto il campione per coprire un'ampia variabilità di condizioni orografiche, di traffico e al contorno.*

*I passi fondamentali dello studio sono stati:*

- *la determinazione della velocità operativa risultante dai rilievi effettuati dall'ANAS;*
- *l'analisi della domanda di mobilità;*

- *la determinazione dell'incidentalità specifica imputabile alla tratta e il calcolo del relativo indice di disagio.*

*L'esito dello studio ha posto in evidenza che il legame che intercorre tra disagio e incidentalità specifica è assolutamente significativo.*

*I risultati dell'indagine sono sintetizzati nel grafico in figura ove si nota sia una stretta correlazione tra le variabili, sia una soglia al di sotto della quale l'incidentalità non è influenzata dall'indice di disagio. Ciò trova la sua spiegazione nel fatto che sin quando l'indice di disagio non raggiunge valori significativi, l'utente mediamente prudente non viene sollecitato ad effettuare manovre in debito di sicurezza*

\* \*\* \*

Il tradizionale approccio progettuale prescinde da un'adeguata considerazione dei mutui condizionamenti tra ambiente stradale statico e dinamico nel suo complesso e comportamenti dell'utente.

La stessa normativa italiana di progetto delle strade (DM 5.11.2001) seguendo uno schema tradizionale prescinde da una idonea valutazione di tali aspetti.

A solo titolo di esempio vogliamo soffermarci su due casi per porre in luce gli effetti di una prospettiva di questo tipo: il tempo di reazione e il conseguente calcolo dello spazio di arresto e la distanza di visibilità per il sorpasso.

Il DM 2001 valuta lo spazio di reazione cioè lo spazio percorso a velocità costante nelle fasi di percezione, interpretazione, decisione ed azione come il prodotto della velocità per il tempo di reazione. Per esso si assume una funzione decrescente con la velocità, presumendo che al crescere della velocità l'utente sia più concentrato nella guida.

Questa relazione non trova giustificazione quantitativa nella letteratura e prescinde da alcuni aspetti fondamentali.

In realtà infatti, i tempi della fase di percezione dipendono dalle condizioni ambientali (ad es. guida diurna/notturna), quelli dell'interpretazione dalla complessità del messaggio visuale (ad es. tipologia della segnaletica) e, infine, quelli che attengono alla tempestività dell'azione dal mutuo condizionamento di complessi parametri psicofisiologici fortemente influenzati dall'esperienza di guida.

Dal confronto con le normative estere si conferma un rilevante sottodimensionamento degli spazi di reazione che è tanto più preoccupante in quanto relativo a quelle condizioni di velocità a cui sono imputabili le più temibili conseguenze degli eventi incidentali

A parte lo spazio percorso durante la fase di percezione e reazione, con riferimento invece allo spazio impegnato nella frenatura, considerati i coefficienti di aderenza limite al contatto assunti nella norma italiana, si perviene, dalla semplice applicazione delle equazioni, ad una distanza di visibilità per l'arresto fortemente sottodimensionata rispetto a quanto previsto dalle altre normative.

Veniamo alla distanza di visibilità per il sorpasso

Il DM 2001 fissa la distanza di visibilità completa per il sorpasso pari a:

$$DS = 20 v + 5,5 V \quad \text{con } v \text{ [m/s] e } V \text{ [km/h]}$$

dal confronto delle principali normative internazionali si constata l'assunzione di valori numerici molto diversi tra loro.

Se si esclude la Francia che definisce uno standard costante e indipendente dalle velocità, pari a 500 m, i valori più bassi sono sempre quelli adottati in Italia.

Alla luce di tali considerazioni, poiché gli incidenti riconducibili alla manovra di sorpasso sono prossimi per la viabilità extraurbana al 50% del totale, si è condotta un'ampia campagna di sperimentazione in realtà virtuale per analizzare con criteri scientifici sia la geometria delle manovre, sia il comportamento degli utenti al variare dei livelli di disagio indotti dalle condizioni di esercizio.

Una prima fase della ricerca è stata orientata all'analisi della manovra per densità di flusso basse ed alti livelli di servizio della strada.

L'interpretazione dei risultati ha posto in evidenza che non è affidabile alcuno dei modelli cinematici tradizionali in quanto:

- sia lo schema in "velocità", sia quello in "accelerazione" non trovano alcun riscontro sperimentale;
- le condizioni di moto vario in fase di sorpasso dipendono dalle velocità con cui il sorpassante si avvicina al veicolo "lento";
- le geometrie delle traiettorie sono fortemente condizionate da una soggettiva valutazione del rischio.

Ciò rafforza il convincimento che lo spazio di sorpasso dipenda significativamente dal comportamento dell'utente e dai condizionamenti che questi subisce nelle differenti condizioni stradali e di circolazione.

Successivamente è stata sviluppata un'articolata campagna con riferimento ad elevati volumi di traffico, variando i livelli di servizio, al fine di interpretare la manovra di sorpasso in relazione alla funzionalità sistemica della strada.

Si è predisposto uno scenario di prova rappresentativo delle condizioni di funzionalità, in una prima fase, di una strada ad unica carreggiata, successivamente di una viabilità a doppia carreggiata; si è effettuata la simulazione in condizioni di velocità libera per diversi carichi di traffico e per un numero adeguato di prove; si sono distinte successivamente le manovre incidentate o a rischio da quelle sicure.

L'incidenza percentuale dei sorpassi a rischio sul totale in funzione della densità veicolare denuncia l'assunzione da parte dell'utente di un rischio fortemente crescente con la densità stessa.

Ciò conferma ancora una volta gli esiti dell'analisi degli effetti del disagio sul comportamento degli utenti.

Tutte le sperimentazioni hanno riscontrato, anche per differenti scenari stradali, i risultati.

L'approccio alla norma dovrebbe quindi tener conto di ciò e valutare gli standard per la manovra del sorpasso anche e soprattutto in funzione delle qualità funzionali dell'infrastruttura stradale, per esempio attraverso i livelli di servizio o indicatori come quello proposto per la quantificazione del livello di disagio cumulato.

Tutto ciò suggerisce, peraltro in linea con quanto accade oggi nell'aggiornamento e nello sviluppo di molte normative di progetto delle strade in Europa come in America, di avanzare nuovi

paradigmi per il progetto degli standard geometrici sia in funzione del comportamento degli utenti, sia considerando come questo si modifichi al variare delle condizioni di esercizio.