

CONFRONTO TRA FATTORI DI RISCHIO OGGETTIVI E SOGGETTIVI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA DELLE ROTATORIE STRADALI

di Natalia Distefano
Salvatore Leonardi e Giulia Pulvirenti*

Gli ultimi dati ISTAT, riferiti all'anno nel 2015, rivelano come in Italia si siano verificati 173.892 incidenti stradali con lesioni a persone, che hanno provocato 3.419 vittime e 246.050 feriti. Per la prima volta dal 2001, nel 2015 è cresciuto il numero di vittime rispetto all'anno precedente (+38, pari a +1,1%). Su tale incremento ha pesato l'aumento di morti per incidenti su autostrade e strade extraurbane. Una lieve flessione si è registrata, di contro, sulle strade urbane (1.495 morti; -0,7%), dopo la crescita del 5,4% tra il 2013 e il 2014. Fanno eccezione i grandi Comuni, per i quali, nel complesso, il numero di morti nell'abitato è aumentato dell'8,6%.

La guida su strada, dunque, è un'esperienza affetta da una certa dose di rischio, che per essere correttamente percepita richiede all'utente capacità più evolute e complesse di quelle necessarie per la valutazione del pericolo.

Valutare il pericolo è un processo relativamente semplice in quanto favorito dalla visione delle difettosità presenti nel tracciato (buche sulla sede stradale, segnaletica sbiadita o mancante, illuminazione carente, etc.) e dall'osservazione dei comportamenti inadeguati degli altri utenti (manovre azzardate, ignoranza delle regole di precedenza, velocità di approccio alle intersezioni troppo elevata, etc.). Percepire il rischio, invece, è un compito più difficile che richiede all'utente la capacità di analizzare non solo gli scenari che si presentano nel quadro prospettico realmente visualizzato ma anche di configurare se stesso all'interno di un contesto quasi introspettivo e, dunque, di rappresentarsi gli eventi, formulare ipotesi, essere emotivamente competente, rapportarsi e prestare attenzione agli altri.

Valutare il rischio d'incidente significa pertanto dotarsi di strumenti teorici e metodologici in grado di mettere in conto parametri di diversa natura, anche complessi, come quelli associati al fattore umano.

In effetti, anche gli studi sulla sicurezza stradale, svolti in maniera scientifica già da oltre un trentennio, concordano nel porre il fattore umano al vertice della triade composta dai fattori "uomo-veicolo-ambiente

stradale" dalle cui interazioni nascono i fattori scatenanti i sinistri stradali.

In quest'ottica anche il concetto di rischio ha subito negli anni una drastica evoluzione concettuale, che ha permesso di associare alla definizione classica di rischio oggettivo, cioè valutabile in funzione della probabilità che si verifichi un evento e della magnitudo delle sue conseguenze (inglobando, in tale definizione, anche il livello di esposizione), quella evoluta di rischio soggettivo (o percepito), considerato così come viene avvertito da un individuo che non ha in sé reale coscienza del rischio associato ad un dato evento.

La valutazione del rischio soggettivo è una questione particolarmente complessa che, nel caso degli eventi sinistrosi stradali, è condizionata dalla molteplicità dei fattori legati agli elementi dell'infrastruttura, alle condizioni di traffico, alle caratteristiche dei veicoli, nonché alle limitazioni fisiche, percettive e cognitive proprie del "guidatore-uomo". Tale figura, calata nel contesto dell'attività di guida, potrà essere influenzata da fattori di varia natura (stanchezza susseguente a parecchie ore di viaggio, difficoltà cognitive legate all'insorgere o al perdurare di malesseri o patologie, disturbi dell'età nel caso di guidatori anziani, etc.) che contribuiscono a formare nella sua mente una specifica idea di sicurezza/pericolosità. Non è detto, però, che tale idea sia quella aderente alla reale sicurezza/pericolosità del contesto stradale nel quale agisce l'utente, ed anzi potrebbe insinuarsi nel guidatore una percezione distorta di sicurezza che potrebbe degenerare in comportamenti inappropriati per due motivazioni diametralmente opposte: 1) per eccesso di presunzione di sicurezza (come manovre azzardate o velocità eccessive); 2) per sopravvalutazione del grado di pericolosità (comportamenti immotivatamente cautelativi come velocità "a passo d'uomo" o ritardi eccessivi nell'effettuazione di manovre nelle aree d'incrocio). È facile immaginare, infine, che, seppur con una frequenza limitata ma non trascurabile, i suddetti comportamenti inadeguati possano, a loro volta, dare origine a gravi fenomeni d'incidentalità stradale.

Esistono diverse tecniche per valutare la percezione del rischio da parte dei guidatori. Esse si possono sinteticamente suddividere nelle due seguenti categorie notevolmente diverse dal punto di vista dell'iter metodologico: 1) tecniche basate sulla misura di parametri fisiologici (si tratta di tecniche invasive che richiedono il monitoraggio di test-driver); 2) tecniche basate sulle interpretazioni di dati acquisiti attraverso strumenti non invasivi (questionari, cataloghi fotografici, scenari simulati, etc.).

Le misure del primo tipo si considerano invasive e dunque influenti sul comportamento di guida durante i test potendolo così renderlo innaturale, in quanto richiedono l'impiego di sensori o altre apparecchiature specialistiche come, ad esempio, quella per la misurazione dell'attività elettrodermica, da posizionare sul test driver.

In tempi più recenti sta però prevalendo l'utilizzo di procedure non invasive. Infatti, mediante le moderne tecniche di simulazione grafica degli ambienti stradali oppure tramite più semplici ricostruzioni fotografiche, è possibile creare diversi scenari caratterizzati da livelli di pericolosità variabili da sottoporre all'attenzione di campioni statisticamente significativi di utenti della strada. Attraverso interviste del tipo "faccia a faccia" (in situ) oppure mediante le moderne procedure on-line (in remoto), viene somministrato un questionario sintetico corredato di immagini simulate e/o fotografie, strutturato secondo domande mirate ad interrogare gli intervistati sul grado di pericolosità che essi percepiscono dall'analisi dei singoli scenari. I risultati dei questionari vengono poi assoggettati ad elaborazioni di tipo statistico e probabilistico, finalizzate all'individuazione delle condizioni di pericolosità prevalenti e/o alla determinazione delle variabili (geometriche, di traffico, ambientali, etc.) maggiormente influenti sulla percezione del rischio e sulla condotta di guida degli utenti.

Con il presente studio si intende proporre una procedura per la determinazione dei fattori di rischio presenti nelle rotatorie stradali esistenti, sulla base sia dei giudizi espressi dal punto di vista tecnico/ingegneristico da esperti del settore che da quelli oggettivamente espressi da un campione di utenti della strada adeguatamente selezionato. L'obiettivo finale è quello di selezionare, tra tutti gli interventi di adeguamento delle infrastrutture potenzialmente idonei a migliorarne il livello di sicurezza, quelli

risultanti dalla simultanea presa in considerazione di entrambi i giudizi.

È noto come le rotatorie rappresentino la tipologia di intersezione che, dal punto di vista del livello di sicurezza offerto e delle prestazioni operative garantite, gode del massimo consenso da parte dei tecnici del settore. Gli ingegneri esperti di progettazione e di sicurezza stradale sanno distinguere le eventuali difettosità in termini di sicurezza (fattori di rischio) presenti su certe configurazioni di rotatoria presenti sul territorio e, al contempo, sono in grado di selezionare quegli elementi progettuali che ben si prestano a garantire i requisiti minimi di sicurezza delle rotatorie, quali i raggi d'entrata o la larghezza della corona giratoria. L'obiettivo è quello di comprendere se anche gli utenti della strada sono in grado di percepire correttamente il livello di rischio insito nelle rotatorie realmente presenti nel territorio.

Gli scriventi, in qualità di esperti di sicurezza stradale e di progettazione geometrica delle intersezioni stradali, proporranno una lista dei fattori di rischio potenziali, utile a individuare le criticità presenti sulle rotatorie oggetto d'indagine e dunque a caratterizzare oggettivamente le condizioni di rischio presenti. Per la valutazione dei fattori di rischio soggettivo, invece, si farà riferimento ad una di quelle tecniche non invasive di cui si è detto precedentemente, basata sulla somministrazione di un questionario appositamente predisposto ad una serie di utenti scelti in modo da ottenere una numerosità statisticamente significativa.

Al termine del presente contributo verrà illustrato un caso studio riferito ad una rotatoria appartenente al tessuto viario periurbano della città di Catania.

Fattori di rischio oggettivi delle rotatorie

L'individuazione dei fattori di rischio oggettivi è il compito che spetta agli esperti del settore della sicurezza stradale che, facendo tesoro delle loro competenze e delle loro esperienze, sono in grado di mettere in atto una sorta di processo di auscultazione di una rotatoria dal punto di vista del livello di sicurezza offerto e, quindi, di evidenziare le criticità presenti.

L'esperienza e la competenza di cui si è appena riferito non potranno essere sostituite da nessuna procedura d'analisi più o meno standardizzata. Tuttavia, gli scriventi, nella consapevolezza che le loro conoscenze possano essere trasferite a beneficio

di altri tecnici specialisti di progettazione e adeguamento delle infrastrutture di viabilità e trasporto, intendono proporre una metodologia operativa, di semplice applicazione, in grado di consentire la definizione dei *fattori di rischio oggettivi* di un qualunque sito oggetto di studio attraverso il confronto tra le reali caratteristiche geometrico-funzionali dell'elemento infrastrutturale sul quale si sta indagando ed i cosiddetti *fattori di rischio potenziali*, razionalmente dedotti da studi di letteratura e rivisti ed integrati alla luce delle conoscenze specifiche degli autori del presente contributo e per i quali, in ogni caso, è comprovata la possibilità che essi possano generare incidenti stradali per configurazioni di rotonde simili a quella realmente presa in esame.

Il primo passo dell'iter procedurale che ha portato alla determinazione della lista dei fattori di rischio potenziali è consistito, quindi, nell'analisi critica di diversi studi di settore, prettamente sperimentali, aventi come obiettivo quello di individuare quegli elementi di rischio di incidentalità stradale relativamente a varie rotonde presenti sia in contesti infrastrutturali nazionali che internazionali.

Tra i difetti di progettazione, il fattore che costituisce il pericolo maggiore è risultato essere l'ampio raggio di deflessione (dovuto ad elevati raggi della corona giratoria, dell'entrata e dell'uscita) (Fig. 1); in tal caso, infatti, vengono a generarsi traiettorie percorse troppo velocemente (soprattutto quella di attraversamento di due rami opposti) con conseguenti rischi di instabilità dei veicoli isolati e di urti (prevalentemente tamponamenti) tra i veicoli in circolo.

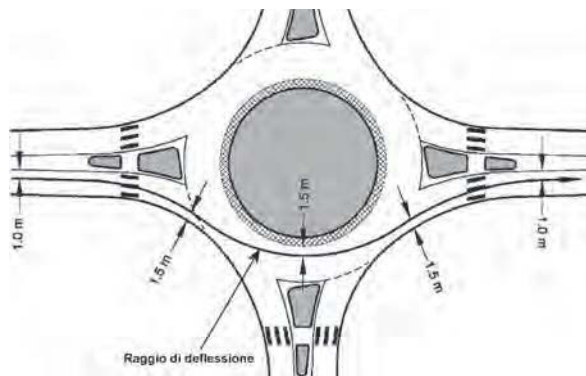


Figura 1 – Traiettoria di attraversamento e raggio di deflessione.

Altri fattori che contribuiscono a ridurre la sicurezza di una rotonda sono i seguenti:

- 1) le eccessive larghezze della corona giratoria (ciò favorisce la disposizione su file parallele dei

veicoli e l'ingenerarsi di pericolosi intrecci di traiettorie), delle entrate (con conseguente riduzione dell'auspicato rallentamento in ingresso) e delle uscite (le velocità in uscita possono assumere entità tali da creare fenomeni di instabilità trasversale dei veicoli e, inoltre, richiedere distanze di arresto non compatibili con il posizionamento di eventuali attraversamenti pedonali posti a valle delle uscite);

- 2) l'eccentricità dell'isola centrale rispetto alla traiettoria di entrata e un angolo di deviazione troppo piccolo in entrata (gli effetti sono gli stessi di quelli, descritti sopra, legati agli eccessivi raggi di deflessione).

Non sono poi da trascurare le condizioni di rischio legate alle rotonde a doppia corsia (in ingresso, sull'anello o in uscita) che possono dare origine a traiettorie tendenti a sovrapporsi pericolosamente. Infatti, il comportamento dei veicoli che si immettono sulle rotonde con doppia corsia d'ingresso è quello di mantenersi inizialmente sulla corsia a sinistra per poi spostarsi in quella di destra prima di giungere sulla linea di entrata, in modo da evitare più agevolmente l'isola centrale.

Il problema della sovrapposizione delle traiettorie può, inoltre, manifestarsi anche all'interno della corona giratoria (Fig. 2), quando cioè i veicoli in entrata dalla corsia di sinistra, si spostano successivamente sul lato destro della corona giratoria in prossimità dell'uscita, tagliando la traiettoria dei veicoli che si muovono lungo la corsia di destra (tale dinamica è pericolosamente agevolata dalla presenza di due corsie in uscita).

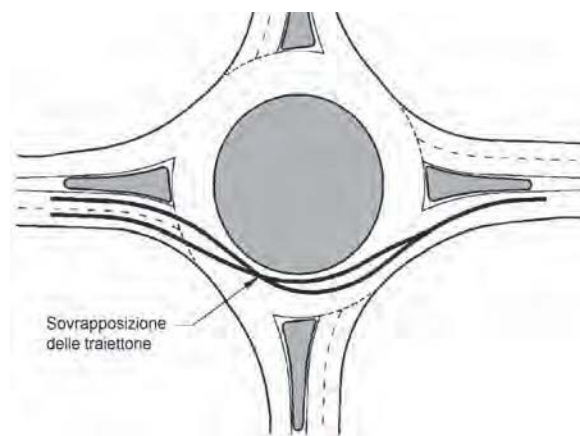


Figura 2 – Sovrapposizione delle traiettorie in caso di entrata a 2 corsie.

Un contributo fondamentale nella definizione del grado di sicurezza di qualsiasi tipologia di incrocio

stradale è rappresentato dalla segnaletica (orizzontale e verticale). Nel caso specifico delle rotonde, si è visto infatti che gli scenari incidentali teatro di sinistri causati dal non rispetto delle regole di precedenza, sono spesso caratterizzati da segnaletica errata, sbiadita o mal posizionata (tali condizioni costituiscono una causa ancor più frequente di incidentalità stradale durante le ore notturne).

Varie ricerche scientifiche mostrano, inoltre, che la mancanza di visibilità (del quarto di corona a sinistra del conducente che si sta immettendo in rotonda) rappresenta un ulteriore fattore di pericolo. Si ricorda in proposito che tale situazione si verifica in tutte quelle condizioni in cui le isole divisionali sono ingombrate da ostacoli - quali cartellonistica pubblicitaria, segnaletica verticale sovrapposta su più livelli oppure folta vegetazione - tali da rappresentare una barriera visiva (secondo il riferimento convenzionale che considera ostacolo alla visuale quello esteso trasversalmente per almeno 0,80 m) per l'occhio del conducente (posizionato ad un'altezza di 1,10 m rispetto al piano viario).

Un altro fattore di rischio rilevante ai fini dell'innescarsi di possibili fenomeni incidentali è rappresentato dalle scarse condizioni di aderenza del manto stradale in corrispondenza dell'entrata e dell'anello giratorio della rotonda. Tali condizioni di rischio risultano amplificate nel caso di condizioni di guida su bagnato. Alla luce delle considerazioni svolte fino a questo punto, mettendo anche in conto i contributi più rilevanti in termini di frequenza incidentale da parte dei diversi fattori di rischio (riferendoci principalmente al loro ruolo in termini di "fattori primari" di sinistralità) è stato possibile suddividere in 5 categorie gli elementi che possono costituire causa di incidente nelle rotonde: 1) caratteristiche geometriche, 2) segnaletica orizzontale, 3) segnaletica verticale, 4) condizioni della pavimentazione e 5) ambiente circostante. Nella tabella 1 sono riportati, per ognuna delle categorie sopra definite, i corrispondenti fattori di rischio potenziali.

Il passo successivo (e conclusivo) della procedura per l'identificazione delle criticità realmente presenti sulla specifica rotonda oggetto di indagine, prevede, come già anticipato all'inizio del presente paragrafo, la verifica in situ della presenza o meno dei fattori individuati nella lista dei fattori di rischio potenziali riportati nella tabella 1.

Il risultato di tale confronto darà propriamente luogo alla *lista di tutti i fattori di rischio oggettivi* dell'elemento infrastrutturale oggetto di studio.

Fattore di rischio: geometria
Ampio raggio di deflessione
Ampio raggio d'entrata
Ampio raggio d'uscita
Eccentricità dell'isola centrale
Eccessiva larghezza della corona giratoria
Doppia corsia sulla corona giratoria
Eccessiva larghezza delle entrate
Doppia corsia sul ramo di entrata
Eccessiva larghezza delle uscite
Ridotto angolo d'entrata
Elevata pendenza longitudinale
Errata configurazione dell'isola divisionale materializzata
Assenza dell'isola divisionale materializzata
Fattore di rischio: segnaletica orizzontale
Linea di arresto mancante o molto sbiadita o mal posizionata
Isola divisionale a raso sbiadita
Segnaletica orizzontale di separazione delle corsie mancante o molto sbiadita
Sosta consentita nell'area della rotonda
Isole della rotonda non visibili nelle ore notturne
Segnaletica orizzontale di margine mancante o molto sbiadita
Fascia sormontabile (a raso) inadeguata
Fattore di rischio: segnaletica verticale
Segnale verticale di "dare precedenza" mancante, scolorito o mal posizionato
Segnale verticale di "rotonda" mancante o inefficace
Segnale di "preavviso di intersezione a circolazione rotonda" (segnale verticale di indicazione) mancante
Segnale verticale triangolare di "pericolo" (con funzione di preavviso di rotonda) mancante
Delineatore speciale di ostacolo (segnale complementare) sull'isola divisionale mancante o inefficace
Segnale verticale di "preavviso di dare precedenza" mancante
Cartelli pubblicitari che creano distrazione agli utenti o che riducono/impediscono la visibilità
Fattore di rischio: condizioni della pavimentazione
Inadeguate caratteristiche di aderenza superficiale
Contaminanti sulla pavimentazione
Buca sulla carreggiata
Irregolarità superficiali
Fattore di rischio: ambiente circostante
Inadeguate distanze di visibilità
Elementi di arredo urbano mal posizionati
Attività commerciali situate nell'area della rotonda
Ostacolo sulla carreggiata
Accessi situati nell'area della rotonda
Eccessiva vegetazione sulle isole di traffico nella rotonda

Tab. 1 - Lista dei fattori di rischio potenziali per una rotonda stradale

Fattori di rischio soggettivi delle rotonde

Per quel che concerne il metodo di acquisizione delle criticità percepite dagli utenti su specifiche rotonde da prendere in esame, si è già rilevato come si reputino adatte le procedure non invasive basate sull'interrogazione diretta di un campione statisticamente significativo di utenti. Tale interrogazione può materialmente avvenire somministrando agli utenti una serie di domande appositamente predisposte con l'obiettivo di carpire in maniera quanto più

naturale possibile (evitando sia i quesiti “aggressivi”, che quelli potenzialmente “imbarazzanti”) le sensazioni in termini di rischio/sicurezza percepiti per l'infrastruttura stradale di interesse.

A tal proposito, si ritiene che la modalità più adatta allo scopo sia quella del sondaggio on line: l'Ente gestore della rotatoria potrebbe pubblicare il sondaggio nel proprio sito web e diffonderne la conoscenza tramite campagne informative, anche col supporto dei social network più popolari, arrivando così a coinvolgere il maggior numero possibile di cittadini. Tale modalità offre anche il vantaggio di registrare direttamente i dati in formato digitale e immagazzinarli mediante appositi software (database, fogli di calcolo), permettendo quindi di velocizzare notevolmente la fase di raccolta dei dati e, soprattutto, la fase di post-elaborazione e di analisi statistica degli stessi. Gli autori del presente contributo hanno portato a compimento la redazione di un apposito questionario contenente sia domande di carattere generale, cioè mirate ad acquisire informazioni sui dati anagrafici dell'intervistato e sul mezzo di trasporto usato più frequentemente, che quesiti appositamente predisposti per interrogare gli intervistati relativamente alla specifica rotatoria analizzata. Il questionario dovrà essere corredato di apposita documentazione fotografica utile a rappresentare la rotatoria da analizzare sotto diverse prospettive visuali.

Per quel che riguarda infine l'interpretazione dei risultati ottenuti tramite il sondaggio occorre ribadire l'esigenza di non limitarsi alla semplice statistica descrittiva delle risposte scaturite dal sondaggio. In tal modo, infatti, si rischia di dover commentare dati anomali perché falsati da risposte date “a caso” dagli intervistati, oppure fornite senza il giusto impegno e la corretta concentrazione.

Si suggerisce, pertanto, l'impiego di metodologie di campionamento statistico basate sulla modellazione preventiva, attraverso consolidati modelli di stampo probabilistico, dei dati scaturiti dal questionario somministrato al campione di utenti intervistati.

Tra le varie metodologie presenti in letteratura, il modello di regressione logistica multivariata rappresenta lo strumento più adeguato per il trattamento di dati provenienti da sondaggi così come testimoniato dall'ampio utilizzo in numerosi studi scientifici, svolti in diversi settori di ricerca non solo di tipo ingegneristico. Il risultato finale delle suddette elaborazioni sarà

costituito dalla *lista di tutti i fattori di rischio soggettivi* per la rotatoria in esame, rappresentati da quegli elementi geometrico-funzionali percepiti come critici. La particolarità della suddetta lista è che ciascun fattore di rischio in essa indicato sarà accompagnato dal valore (espresso in percentuale) della probabilità con cui tali fattori vengono giudicati critici dagli utenti intervistati (a loro volta differenziati in relazione alle loro peculiarità: abituali, non abituali, maschi, femmine, etc.)

Confronto tra i fattori di rischio oggettivi e soggettivi

Il confronto tra i fattori di rischio oggettivi e soggettivi, determinati con le procedure illustrate nei paragrafi precedenti, ha la pretesa, secondo gli scrittori, di consentire una stima qualitativa del livello di rischio offerto dalle rotatorie presenti nei diversi ambiti infrastrutturali, quanto mai realistica proprio perché genuinamente ottenuta dalla penetrazione di elementi di giudizio provenienti sia da tecnici del settore che da comuni utenti della strada.

Il solo giudizio dei tecnici, pur consentendo di individuare in maniera puntuale le diverse criticità presenti in una rotatoria, potrebbe, in certi casi, non permettere di ponderare con precisione il ruolo che tali criticità possono avere nel condizionare il comportamento effettivo degli utenti.

Per contro, il solo giudizio espresso dagli utenti della strada potrebbe scaturire da una sorta di concetto di sicurezza “personale” che, alle volte, può discostarsi significativamente dalle reali condizioni di rischio presenti, poiché può inglobare impropriamente sia il livello di soddisfazione derivante da altri vantaggi delle rotatorie non legati alla sicurezza, come la riduzione della congestione e la rapidità di attraversamento dell'incrocio, che, dualmente, il livello di insoddisfazione associato, ad esempio, ai rallentamenti imposti dalle curvature in ingresso o dal dover concedere la precedenza ai veicoli in circolo sull'anello.

L'applicazione della metodologia di confronto proposta, poiché permette la deduzione contemporanea dei fattori di rischio oggettivi e soggettivi, dunque, può effettivamente consentire ai tecnici di individuare per una specifica rotatoria, quegli elementi critici da punto di vista geometrico-funzionale, che una volta mitigati attraverso gli opportuni interventi di adeguamento, possono dar luogo ad un reale

miglioramento anche del grado di sicurezza realmente percepito dagli utenti.

La metodologia proposta, in definitiva, se collocata nel contesto della scarsità di risorse che purtroppo è ancora oggi prerogativa della nostra Nazione a causa dell'attuale congiuntura economica, può rivelarsi estremamente utile proprio per individuare le priorità d'intervento che permettano di allocare razionalmente le poche risorse che vengono messe a disposizione per la riqualificazione ed il potenziamento delle reti infrastrutturali stradali.

Caso studio: la rotatoria di Nesima sulla Circonvallazione di Catania

Al fine di meglio comprendere sia le modalità di applicazione della metodologia elaborata, che la pratica utilità della stessa, si propone il caso studio di una rotatoria appartenente al tessuto viario della città di Catania.

La scelta è ricaduta sulla rotatoria, riportata nella figura 3, ubicata lungo la circonvallazione di Catania (tra Via Lorenzo Bolano, Via Carmelo Florio e Via Miceli). Si tratta di una rotatoria a 4 rami, con diametro di 70 m e larghezza della corona giratoria di 9,9 metri, caratterizzata dalla presenza della doppia corsia sull'anello e su due rami in ingresso e in uscita (rami sulla circonvallazione); tale rotatoria è inoltre interessata da flussi di traffico piuttosto elevati nelle ore di punta soprattutto lungo la direttrice principale rappresentata dalla Via L. Bolano.



Figura 4 – Rotatoria oggetto di studio

L'analisi specialistica delle caratteristiche geometrico-funzionali della rotatoria ha consentito la definizione dei fattori di rischio oggettivi indicati nella tabella 2.

È facile evincere come le criticità presenti siano prevalentemente riconducibili alla conformazione geometrica della rotatoria, con particolare riferimento a quei parametri che, per la rotatoria in oggetto,

FATTORI DI RISCHIO OGGETTIVI	
<i>Nota: il simbolo presente in tabella (√) indica le corrispondenze con la lista dei fattori di rischio potenziali (cfr. Tab. 1)</i>	
Fattore di rischio: geometria	
Ampio raggio di deflessione	√
Ampio raggio d'entrata	√
Ampio raggio d'uscita	√
Eccessiva larghezza della corona giratoria	√
Doppia corsia sulla corona giratoria	√
Eccessiva larghezza delle entrate	√
Doppia corsia sul ramo di entrata	√
Eccessiva larghezza delle uscite	√
Fattore di rischio: segnaletica orizzontale	
Linea di arresto mancante o molto sbiadita o mal posizionata	√

Tab. 2 – Lista dei fattori di rischio oggettivi relativi alla rotatoria oggetto di studio

tendono a "velocizzare" le traiettorie di attraversamento dei rami diametralmente opposti e ad alimentare i conflitti tra i veicoli in circolo sull'anello giratorio.

Per l'acquisizione delle opinioni da parte degli utenti, si è scelto di utilizzare il metodo delle interviste "faccia a faccia" che prevedono un'interazione diretta tra l'intervistatore ed il suo interlocutore; tale metodo può sfruttare tutti i vantaggi e le potenzialità della comunicazione interpersonale, consentendo al contempo una maggiore libertà all'intervistatore che può fare interventi non previsti e chiarire eventualmente quei punti del questionario ritenuti dubbi dall'intervistato.

Le 194 interviste complessivamente svolte, sono state eseguite all'interno di diverse sedi dell'Università degli Studi di Catania (Cittadella Universitaria, Palazzo delle Scienze e Monastero dei Benedettini). Il campione di intervistati è risultato pertanto completamente di età giovanile (tra i 18 e i 35 anni); si è operata tale scelta considerando che da diversi studi emerge come i giovani siano, in genere, maggiormente favorevoli alle rotatorie rispetto ai patentati di vecchia generazione.

Il trattamento statistico dei dati mediante il modello di regressione logistica multivariata (probit) ha permesso di dedurre la lista dei fattori di rischio soggettivi per la rotatoria in argomento, riportata nella tabella 3.

Dall'analisi dei valori delle probabilità con cui i fattori di rischio sono stati individuati come tali dagli utenti intervistati, sono emerse le seguenti osservazioni ritenute più rilevanti:

- 1) la probabilità che gli utenti giudichino come fattore critico la doppia corsia sull'anello è quella più elevata (circa il 40% per nel caso degli utenti abituali e circa il 45% per i non abituali);
- 2) riguardo al tipo di mezzo di trasporto utilizzato più di frequente, la probabilità che gli automobilisti giudichino critica la configurazione della doppia corsia sull'anello è maggiore (circa 42%) rispetto al corrispondente valore di probabilità relativo ai motociclisti (circa 30%);
- 3) per quel che concerne l'influenza del deflusso veicolare, si osserva che in condizioni di traffico più congestionato, gli intervistati tendono a manifestare più insofferenza nei confronti della doppia corsia sull'anello. Per contro, in condizioni di deflusso scorrevoli, la probabilità che venga giudicata più rischiosa la doppia corsia in ingresso (34% circa) è nettamente più alta della probabilità associata alla criticità della doppia corsia sulla corona giratoria (19%).

In definitiva, dunque, la percezione del rischio da parte degli utenti della rotatoria di Nesima è fortemente spostata verso le condizioni di guida in presenza delle doppie corsie in entrata e sull'anello circolatorio. Anche il grande diametro della rotatoria viene percepito come un fattore di rischio significativo.

È interessante notare come le condizioni operative legate all'entità del traffico veicolare possano far variare il metro di valutazione delle condizioni di rischio per la rotatoria in oggetto. Infatti, in condizioni di rotatoria fortemente o mediamente congestionata, l'utente è portato a lamentare la rischiosità associata ai conflitti di traffico che possono rendere pericolosi gli intrecci di traiettoria che si generano sull'anello circolatorio per effetto della doppia corsia presente nell'anello medesimo. La situazione di traffico scorrevole, invece, porta gli utenti ad avvertire prioritariamente il livello di rischio corrispondente alla presenza della doppia corsia in entrata; ciò è sicuramente da imputarsi al fatto che, in tali condizioni, viene meno il ruolo della doppia corsia in ingresso come ampio canale per lo smaltimento delle code e per l'incremento delle prestazioni in termini di capacità e livello di servizio, e subentra, per contro, il ruolo di ampia corsia che invoglia molti utenti a cimentarsi in manovre di entrata eccessivamente veloci e dunque pericolose.

FATTORI DI RISCHIO SOGGETTIVI						
Utenti	Doppia corsia anello	Doppia corsia entrata	Diametro rotatoria	Illuminazione	Scarsa visibilità	Altre cause
FREQUENZA DI PERCORRENZA						
Abituali	39,93%	27,02%	14,67%	14,12%	0,68%	3,53%
Non abituali	44,81%	25,80%	13,31%	12,09%	0,54%	2,85%
SESSO						
Maschi	39,38%	27,16%	14,94%	14,39%	0,68%	3,67%
Femmine	42,23%	26,48%	14,12%	13,17%	0,68%	3,12%
MEZZO DI TRASPORTO						
Automobilisti	42,10%	26,75%	14,12%	13,04%	0,68%	3,12%
Motociclisti	29,74%	29,20%	17,65%	18,88%	1,09%	5,70%
Ciclisti	49,57%	24,58%	12,09%	10,32%	0,41%	2,17%
Pedoni	35,99%	28,11%	15,89%	15,62%	0,81%	4,21%
Utenti di bus	54,18%	23,22%	11,00%	8,83%	0,41%	1,63%
PERCORRENZA IN CONDIZIONI DI TRAFFICO PREVALENTI						
Sempre congestionate	37,35%	34,49%	6,52%	20,37%	0,00%	13,31%
Mediamente congestionate	51,47%	31,23%	5,30%	14,80%	0,00%	7,74%
Scorrevoli	19,01%	33,95%	7,74%	28,93%	0,00%	28,38%

Tab. 3 – Lista dei fattori di rischio soggettivi per la rotatoria oggetto di studio

Il confronto tra i fattori di rischio oggettivi e soggettivi relativi alla rotatoria di Nesima sulla circonvallazione di Catania, in definitiva, si conclude "in parità". Il *giudizio dei tecnici*, infatti, si traduce principalmente in un indirizzo programmatico finalizzato alla riduzione delle criticità associate ad una geometria che, a causa dell'ampio diametro, delle doppie corsie in entrata e in circolo e dell'eccessiva larghezza della corona e delle uscite, comporta l'instaurarsi di traiettorie percorse troppo velocemente e caratterizzate da pericolosi punti di conflitto di intersezione a causa della marcia su file parallele in corrispondenza dell'anello di circolazione.

Anche il *giudizio degli utenti* intervistati evidenzia le criticità associate agli stessi parametri geometrici di cui si è appena riferito. Si ribadisce, in proposito, come gli utenti sembrano davvero in grado di

percepire livelli di sicurezza differenti per effetto delle diverse condizioni operative legate al traffico veicolare: per flussi di traffico bassi, il rischio che si percepisce è quello direttamente associato alle condizioni di guida negli ingressi a 2 corsie, evidentemente caratterizzate da velocità non consoni (perché eccessive) a quelle che dovrebbero tenersi all'ingresso di una rotatoria; per portate veicolari medio/alte l'utente percepisce maggiormente le condizioni di rischio legate ai molteplici punti di conflitto presenti sull'amplessimo anello di circolazione.

Alla luce dell'analisi riferita al caso studio analizzato, risulta evidente che gli interventi di riqualificazione che occorrerebbe prioritariamente mettere in atto per migliorare la sicurezza della rotatoria esaminata, sono quelli finalizzati alla riduzione del numero di corsie in entrata e in circolo, nonché alla riduzione della larghezza della corona giratoria.

Occorre peraltro osservare che, la Normativa italiana (D.M. 19/04/2006) vieta l'impiego della doppia corsia sull'anello circolatorio, mentre ammette la doppia corsia sui rami d'entrata (Tabella 4).

Riguardo alla doppia corsia in ingresso che, come visto, viene percepita come un'importante criticità sia dagli utenti che dai tecnici, occorre notare come la sua presenza possa essere giustificata dalle esigenze prettamente legate alle prestazioni operative; si è infatti già osservato che un doppio canale sul ramo d'entrata contribuisca a velocizzare le condizioni di deflusso, oltre a ridurre le code ed i fenomeni di attesa.

	Mini rotatorie	Compatte	Convenzionali
Massimo numero di corsie in entrata	2	2	2
Massimo numero di corsie in uscita	1	1	1
Massimo numero di corsie sulla corona giratoria	1	1	1

Tab. 4 – Numero massimo di corsie per i 3 tipi di rotatoria previsti nel D.M. 19/04/2006

Nel caso della rotatoria in esame, in effetti, soprattutto nelle ore di punta, il livello di funzionalità della rotatoria è indubbiamente favorito dalla presenza delle due corsie sui rami d'entrata. Tuttavia, si ribadisce il fatto che, alla luce delle osservazioni svolte fino a questo punto, al peggioramento delle condizioni operative derivante dalla riduzione del numero delle corsie in entrata – peraltro avvertibile solo nelle ore di punta e in ogni caso ammortizzabile grazie al

contributo offerto dalla presenza delle corsie dedicate alla svolta a destra – corrisponderebbe un significativo incremento del livello di sicurezza che, a nostro modo di vedere, compenserebbe il subentrare di quelle disfunzioni associate alle condizioni di deflusso veicolare di cui si è detto.

Non è da trascurare, poi, l'esigenza di adeguamento della segnaletica orizzontale, segnalata come fattore di rischio da parte degli ingegneri specialistici. Tuttavia, tale criticità non impatta sulla percezione del rischio di incidente da parte degli utenti della strada alla stessa stregua delle criticità riconducibili alla conformazione geometrica della rotatoria. Dunque, in un regime di risorse limitate, com'è quello attuale, diventa ragionevole investire le prime risorse disponibili per l'adeguamento geometrico della rotatoria. Le risorse acquisite successivamente dovranno poi essere impiegate per gli interventi di adeguamento funzionale della segnaletica.

In definitiva, si ritiene che l'aver elaborato una procedura operativa in grado definire la scala di priorità degli interventi da mettere in atto sulla base di fattori di ponderazione derivanti dal livello di sicurezza percepito dagli utenti, possa costituire un passo importante per definire criteri razionali di allocazione delle risorse, dove il termine razionale deve essere inteso nel senso letterale del termine cioè, sulla base delle ragioni che, nel caso specifico, sono dupli- ci: quelle dei tecnici e quelle degli utenti della strada.

Bibliografia

- [1] S. Canale, N. Distefano, S. Leonardi, G. Pappalardo. Progettare le rotatorie. *Tecniche per la progettazione e la verifica delle intersezioni a circolazione rotatoria secondo il D.M. 19/04/2006*. EPC Editore. Roma, Maggio 2011.
- [2] S. Canale, N. Distefano, S. Leonardi. *Progettare la sicurezza stradale. Criteri e verifiche di sicurezza per la progettazione e l'adeguamento degli elementi delle infrastrutture viarie: intersezioni, tronchi, sovrastrutture, gallerie, opere idrauliche, barriere di sicurezza, illuminazione, segnaletica ed interventi di traffic calming*. EPC Libri, Maggio 2009.
- [3] N. Distefano, S. Leonardi, G. Pulvirenti. *Rotatorie stradali: giudizio tecnico e opinione pubblica a confronto*. Strade & Autostrade, n° 3, Maggio-Giugno 2016.
- [4] H. Echab, N. Lakouari, H. Ez-Zahraouy, A. Benyoussef. *Simulation study of traffic car accidents at a single lane roundabout*. International Journal Of Modern Physics C, 01/2016, Volume 27, Fascicolo 1.
- [6] A. Montella. *Identifying crash contributory factors at urban roundabouts and using association rules to explore their relationships to different crash types* - Accident Analysis and Prevention (43) 2011.