

REGIONE LOMBARDIA



CITTÀ DI CURTATONE



PROVINCIA DI MANTOVA



PROVINCIA DI MANTOVA

Area Lavori Pubblici e Trasporti

Servizio Progettazione Stradale, Ponti e Strutture Complesse

**RIQUALIFICAZIONE DELL' INTERSEZIONE TRA LA
ex S.S. n° 10 "Padana inferiore" - S.P. n° 1 "Asolana"
TRAMITE LA COSTRUZIONE DI UNA ROTATORIA,
in località Grazie del Comune di Curtatone**

PROGETTO DEFINITIVO

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRÀ ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA PROVINCIA DI MANTOVA. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARÀ PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.
THIS DOCUMENT SHALL NOT BE COPIED, REPRINTED OR OTHERWISE PUBLISHED, EITHER IN PART OR ON THE WHOLE, WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF PROVINCIA DI MANTOVA. ANY UNAUTHORISED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

OGGETTO:

RELAZIONE SULLA SICUREZZA

ELABORATO:

2.4

SCALA:

-

DATA:

Giugno 2019

IL PROGETTISTA:



Ing. FRANCESCO SENECCI

NETMOBILITY S.r.l.

Via G. Morgagni, 24 - 37135 Verona - VR

Tel. 045/8250176 - Fax 045/8250176

e-mail: netmobility@netmobility.it

Codice Fiscale e Partita IVA: 03184140238

Capitale sociale i.v.: 10.000,00 euro

CIAA di Verona n. 03184140238 - R.E.A. n° 315588

DIRIGENTE AREA LAVORI PUBBLICI E TRASPORTI:

Dott. GIOVANNI URBANI

IL RESPONSABILE DEL SERVIZIO:

Ing. ANTONIO COVINO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Arch. PAOLO AGOSTI

REV. N°	DATA
1	Giugno 2019
2	Settembre 2019

APPROVAZIONI

PROGETTO N°:	
CIG:	
CUP:	G61B17000460006



SOMMARIO

1. Premessa.....	2
1.1. La scelta progettuale	4
2. Lo stato di fatto	5
2.1. Dati dimensionali e geometrici	5
2.2. Analisi dei dati di traffico	8
2.3. L'incidentalità	12
2.4. Le criticità attuali	14
3. Le opere in progetto	17
3.1. Descrizione dell'intervento e valutazione qualitativa dei benefici attesi	17
3.2. Liste di controllo del Progetto Definitivo	19
3.2.1. Lista di controllo 1 - Aspetti generali	19
3.2.2. Lista di controllo 2 - Geometria	21
3.2.3. Lista di controllo 3 - Intersezioni a raso	26
3.2.4. Lista di controllo 5 - Utenze deboli	28
3.3. Ulteriori aspetti approfonditi	29
3.4. Analisi dell'incidentalità	31
4. Conclusioni	34



1. Premessa

L'intervento si configura come "riqualificazione dell'area di intersezione tra la ex S.S. 10 "Padana Inferiore" e la S.P. 1 "Asolana" mediante la realizzazione di una rotatoria del diametro esterno di 69 mt nella località Grazie del Comune di Curtatone in Provincia di Mantova.

Le coordinate geografiche per l'identificazione del luogo sono le seguenti:

- Lat. 45° 9'4.68"N
- Long. 10°41'28.79"E

Le progressive chilometriche sono rispettivamente:

- ex S.S. 10 "Padana Inferiore": Km 279₊₃₀₀
- S.P. 1 "Asolana": Km 0₊₀₀₀

Nel voto N. 21/MI espresso dal C.T.A. del Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche Lombardia ed Emilia Romagna di Milano nell'adunanza del 21/05/2019 viene richiamata la necessità di redigere, in analogia a quanto disciplinato dall'art. 4 del D.M. n. 67/S del 22 aprile 2004, per il caso dell'adeguamento delle strade esistenti, qualora nella progettazione di un adeguamento non si possano rispettare le norme disciplinanti la progettazione delle nuove infrastrutture, "una specifica relazione dalla quale risultino analizzati gli aspetti connessi con le esigenze di sicurezza, attraverso la dimostrazione che l'intervento, nel suo complesso, è in grado di produrre, oltre che un miglioramento funzionale della circolazione, anche un innalzamento del livello di sicurezza, fermo restando la necessità di garantire la continuità di esercizio della infrastruttura".

La presente relazione si pone quindi l'obiettivo di analizzare le criticità emerse dall'osservazione dello stato di fatto con riferimento alla geometria dell'intersezione, ai flussi di traffico e all'incidentalità rilevata.

In seconda istanza si andranno a valutare, in maniera **qualitativa**, i benefici attesi a seguito della realizzazione dell'intervento. Per effettuare la suddetta valutazione si ripercorrono, per quanto possibile, le "Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade dell'8 giugno 2001, n. 3699 emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici.

Prima di addentrarsi nello specifico intervento si ritiene utile riportare un estratto della pubblicazione "Le intersezioni stradali e le nuove norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni - Luglio 2007" di T. Esposito – R. Mauro – M. Corradini, che costituisce l'aggiornamento del Cap.11 del testo T. Esposito, R. Mauro, "Fondamenti di Infrastrutture Viarie – Vol.1 – La geometria stradale", Hevelius Edizioni, 2a edizione, 2003 a seguito della emanazione delle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni", D.M. 19 aprile 2006, G.U. n° 170 del 24/07/2006, nella quale viene asserito quanto segue:

"I principali vantaggi che possono conseguirsi con la risoluzione a rotatoria di un incrocio sono:

- facilitazione delle svolte e riduzione globale dei tempi di attesa che sono equilibrati per le diverse correnti non esistendo gerarchia tra i flussi;
- migliore gestione delle fluttuazioni di traffico rispetto ad incroci semaforizzati a tempo fisso per i quali il ciclo è progettato per l'ora di punta;
- aumento, in generale, del livello di sicurezza;
- efficace connessione da itinerari extraurbani veloci a zone suburbane e poi urbane;
- possibilità di inversione di marcia senza manovre pericolose o illegali;
- riduzione di inquinamento atmosferico ed acustico;
- duttilità e facilità di inserimento urbano dove molte piazze già prefigurano lo schema a rotatoria."



PROGETTO DEFINITIVO

Inoltre pare rilevante riportare un estratto della premessa del Dossier "Le intersezioni a rotatoria – tecniche, costi, efficacia" - Maggio 2010 a cura del LAGS (Laboratorio per il governo della sicurezza stradale) con il patrocinio e il partenariato della "Consulta Nazionale sulla sicurezza stradale" nella quale si asserisce quanto segue:

"Negli anni '80 alcune amministrazioni locali, per ridurre il numero e, soprattutto, la gravità degli incidenti stradali, hanno cominciato a realizzare intersezioni con circolazione rotatoria a doppia deflessione e precedenza al traffico sulla corona giratoria, in sostanza: rotatorie di seconda generazione.

...

Un sondaggio, anche speditivo, delle molte rotatorie realizzate negli ultimi 25 anni rivela una grande eterogeneità degli interventi sia per quanto riguarda le situazioni infrastrutturali e di traffico in cui sono localizzati, sia per quanto riguarda la geometria (il numero di corsie nella corona giratoria varia da una a quattro, le isole divisionali sono disegnate con forme molto diverse, la collocazione degli attraversamenti perdonali e delle piste ciclabili non è affatto omogenea, i rapporti tra i raggi delle curve di immissione, giratoria e uscita sono fortemente diversificati), sia per quanto riguarda i dettagli costruttivi (l'inclinata dell'isola centrale, la presenza o meno di elementi monumentali rigidi sull'isola centrale, l'inclinazione trasversale della corona giratoria, le caratteristiche della eventuale fascia sormontabile, etc.), sia - infine - per quanto riguarda l'avvicinamento alla rotatoria (dalla segnaletica, all'eventuale presenza di curve nel tratto di accesso alla rotatoria, per consentire un più agevole raccordo tra la velocità in rettilineo e la velocità nella curva di immissione alla corona giratoria, alla gestione dei limiti di velocità, etc.).

Questa eterogeneità di "interpretazioni" delle intersezioni a rotatoria presenta due aspetti di particolare interesse.

a. *La diversificazione non sembra collegata alle diverse condizioni infrastrutturali e di traffico quanto ad una "interpretazione locale consolidata".*

...

b. *Le soluzioni adottate non sempre appaiono coerenti con la normativa che è intervenuta nell'aprile del 2006 e spesso ignorano – del tutto legittimamente – la manualistica più accreditata di altri Paesi, disponibile fino dagli anni '90. **Tutto ciò non significa che le soluzioni adottate "in difformità" siano necessariamente inefficaci ai fini della fluidità del traffico e della sicurezza stradale.***

...

In effetti, l'eterogeneità delle intersezioni a rotatoria realizzate e il fatto che in una medesima condizione infrastrutturale e di traffico gli utenti della strada potessero trovare intersezioni dissimili che richiedono comportamenti di guida diversi, determina negli utenti una condizione di scarsa chiarezza, di disagio e, in alcuni casi, di rischio.

Nell'aprile del 2006 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti emana il DM 19/04/2006 che comprende la regolamentazione della progettazione delle rotatorie. Il decreto interviene con notevole ritardo (a quella data le rotatorie realizzate in Italia sulla viabilità urbana ed extraurbana sono già diverse migliaia) e in modo parziale (si occupa solo di intersezioni a rotatoria comprese tra 14 e 50 metri di diametro), fornisce indicazioni piuttosto vaghe per le altre e anche per quelle oggetto di regolamentazione tralascia alcuni aspetti che, invece, vengono trattati con grande dettaglio nella manualistica e nelle regolamentazioni tecniche di altri Paesi.

*La mancanza di un robusto corpo di indirizzi tecnici riguardanti la progettazione e, soprattutto, la valutazione delle condizioni infrastrutturali e di traffico nelle quali le intersezioni a rotatoria possono determinare sostanziali miglioramenti è, però, la condizione più limitante, quella che **ha forzato i tecnici delle amministrazioni locali a trovare riferimenti nella letteratura tecnica di altri Paesi o nella esperienza di qualche collega.** In alcuni casi le amministrazioni locali si sono dotate di una propria manualistica, solitamente ispirata a quella di altri Paesi. Tutto ciò ha favorito l'eterogeneità indicata sopra."*



1.1. La scelta progettuale

Nello sviluppo dell'attività progettuale, di concerto con la Provincia di Mantova, si è proceduto con un approccio metodologico che individuasse una soluzione che riuscisse a contemperare le diversificate esigenze di mobilità con quelle di sicurezza della circolazione, di rispetto dell'ambiente, di sviluppo sociale e di qualità di vita, il tutto commisurato alle risorse economiche e finanziarie messe a disposizione.

In considerazione delle tipologie di strade convergenti, a seguito della verifica di capacità e in relazione alla comprovata esperienza maturata negli ultimi 15 anni dal "Servizio Progettazione stradale, Ponti e strutture complesse" della Provincia di Mantova guidato dall'Ing. Antonio Covino che ha progettato e realizzato numerose intersezioni di tipo rotatorio, si è optato per la realizzazione di una intersezione della tipologia "Grandi rotatorie (50 m \leq D_e < 70 m; isola centrale insormontabile)" con diametro esterno di **69,00 m**.

Questa scelta è sostenuta dalle informazioni fornite dalla Provincia stessa che, per tutti gli interventi analoghi già realizzati e monitorati ha riscontrato una riduzione dei sinistri e contemporaneamente un aumento della scorrevolezza del traffico di attraversamento, soprattutto in relazione ai mezzi pesanti.

Nei paragrafi successivi verranno evidenziati gli elementi tecnici a sostegno delle scelte effettuate anche in relazione al contesto geografico e sociale nel quale si inserisce l'opera.

2. Lo stato di fatto

2.1. Dati dimensionali e geometrici

L'attuale configurazione dell'intersezione è secondo il classico schema a "T" con diritto di precedenza sulla ex S.S. 10 la quale presenta corsie specializzate per la svolta a sinistra e l'immissione verso Mantova. Sono stati realizzati anche degli allargamenti della corsia di sinistra per realizzare una corsia di decelerazione che agevola la svolta verso la S.P. 1 in direzione Nord e una corsia di accelerazione per agevolare l'innesto della S.P. 1 in direzione Ovest.

Sul lato Sud della ex S.S. 10 è inoltre presente l'innesto della S.V. "delle Osanne" (strada vicinale privata a servizio dei fondi agricoli con un transito di circa 5/10 mezzi al giorno) e un passo carraio di accesso all'allevamento suinicolo "Società agricola Zingari di Mario Zingari & C. S.a.s.".

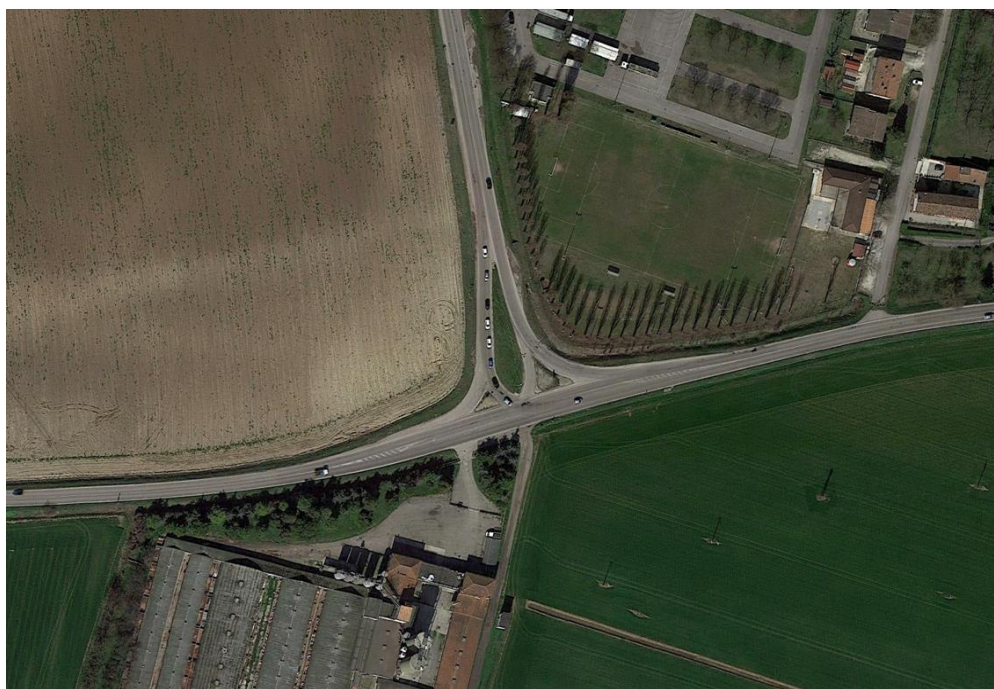


Figura 2-1 Fotografia aerea dello stato attuale

Nell'immediato intorno dell'intersezione sono presenti, in senso orario:

- nell'angolo Nord-Est un campo da calcio di proprietà del Comune di Curtatone e gestito dall'associazione "Polisportiva Grazie";
- nell'angolo Sud-Est un terreno agricolo di proprietà della famiglia Francescon all'interno del quale è presente una linea di distribuzione dell'energia elettrica di media tensione;
- nell'angolo Sud-Ovest lo storico allevamento suinicolo "Società agricola Zingari di Mario Zingari & C. S.a.s.";
- nell'angolo Nord-Ovest un terreno agricolo di proprietà del Sig. Saccardi Paolo.

La sezione trasversale della ex S.S. 10 presenta una carreggiata di 7,00 mt composta da due corsie bitumate da 3,25 mt e banchine bitumate da 0,25 mt; in corrispondenza dell'intersezione la carreggiata subisce un significativo allargamento anche per la presenza di corsie specializzate pertanto la sezione è pari a 11,50 mt così composta: tre corsie da 3,25 mt, una banchina bitumata Dx da 0,25 mt e una banchina bitumata Sx (lato incrocio) da 1,50 mt; inoltre sono presenti ulteriori allargamenti in ingresso e in uscita dalla S.P. 1 con larghezza pari a 3,50 mt.

PROGETTO DEFINITIVO

La sezione trasversale della S.P. 1 presenta una carreggiata di 9,00 mt composta da due corsie bitumate da 3,75 mt e banchine bitumate da 0,75 mt.

I quattro rami di raccordo, procedendo da Est verso Ovest, hanno le seguenti dimensioni:

- ramo di uscita dalla ex S.S. 10 in corsia Sx – L = 7,00 mt;
- ramo di uscita dalla ex S.S. 10 in corsia Dx – L = 5,00 mt;
- ramo di immissione nella ex S.S. in corsia Dx – L = 6,50 mt;
- ramo di immissione nella ex S.S. in corsia Sx – L = 7,00 mt.

Le due arterie principali, seppur non trovando esatta corrispondenza nella classificazione prevista dal D.M. 05.11.2001 (ci si riferisce alle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" in quanto non ancora presente in Italia una norma specifica relativa alle strade esistenti), possono essere qualificate quali strade di categoria "**C - STRADA EXTRAURBANA SECONDARIA**: strada ad unica carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia e banchine".

La sezione trasversale della S.V. "delle Osanne" presenta una carreggiata inghiaziata di 3,50 mt senza divisione in corsie di marcia. Essa è qualificabile, ai sensi del D.M. 05.11.2001, punto 3.5 delle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" come "**Strada locale a destinazione particolare**: strade agricole, forestali, consortili e simili, in ambito extraurbano, nelle quali le dimensioni della piattaforma vanno riferite in particolare all'ingombro dei veicoli di cui è previsto il transito".

In prossimità dell'incrocio, sul lato Sud, ad una distanza di circa 30,00 mt in direzione Cremona, è presente l'accesso carraio all'allevamento suinicolo di larghezza pari a 13,00 mt. In adiacenza allo stesso è localizzata una fermata del trasporto pubblico locale extraurbano.

Sul lato Nord/Ovest, ad una distanza di circa 50,00 mt dall'incrocio in direzione Rivalta sul Mincio, è presente il passo carraio del campo da calcio ad uso esclusivo della società di raccolta dei rifiuti.

La ex S.S. 10, nel tratto in esame, ha un'unica pendenza trasversale di circa il 3,00 % verso il lato Nord, mentre la S.P. 1 ha una doppia pendenze delle corsie di circa il 2,50 %.

La quota altimetrica del centro dell'incrocio (che coincide con la quota altimetrica del futuro asse giratorio) è pari a +26,80 mt s.l.m.m.; la livelletta della ex S.S. 10 ha una pendenza in discesa da Mantova verso Cremona di circa il 0,25%, mentre la S.P. 1 ha una pendenza in discesa dalla ex S.S. 10 verso Rivalta di circa l'1,50%. Le livellette sono caratterizzate da modeste pendenze longitudinali tipiche della pianura che consentono distanze di visibilità rilevanti.



Figura 2-2 Visibilità dell'intersezione sulla ex S.S. 10 – ramo Ovest



Figura 2-3 Visibilità dell'intersezione sulla ex S.S. 10 – ramo Est



Figura 2-4 Visibilità dell'intersezione sulla S.P. 1

L'illuminazione dell'incrocio è garantita da un singolo palo con 3 corpi illuminanti posizionato in corrispondenza della cuspidè della goccia di separazione dei sensi di marcia sulla S.P.1.

I margini dell'incrocio non presentano elementi vegetativi di tipo arboreo o arbustivo. Le uniche emergenze che si segnalano sono la presenza di un filare di pioppi cipressini in andamento con il confine del campo da calcio (in proprietà) e l'area sistemata a verde di mitigazione ambientale dell'allevamento suinicolo (in proprietà).



2.2. Analisi dei dati di traffico

Per poter ragionare sul nodo con dati di traffico aggiornati sono stati eseguiti appositamente da Atlante s.r.l., su incarico della Provincia di Mantova, i rilievi del traffico veicolare tra la fine di Febbraio e l'inizio di Marzo 2019.

In particolare, il monitoraggio ha interessato:

- un rilievo settimanale in continuo mediante radar degli assi della ex S.S.10 "Padana Inferiore" e della S.P.1 "Asolana" in prossimità dell'intersezione;
- un rilievo mirato sulle ore di punta del mattino (7:30-8:30), del mezzogiorno (12:00-13:00) e della sera (17:30-18:30) sull'intersezione oggetto di riorganizzazione nel progetto di rotatoria.

Si farà riferimento nel seguito a veicoli reali (v) o veicoli equivalenti (ve) intendendo con il primo termine la somma pura dei veicoli, con il secondo la somma pesata dei veicoli, ottenuta assegnando a priori un peso ad ogni tipologia di veicolo a seconda del suo ingombro sulla strada.

Dal rilievo in continuo sugli assi stradali si sono ricavati i volumi di traffico complessivi e gli andamenti durante la settimana ad intervalli di mezzora, nonché la classificazione della tipologia dei veicoli in transito. Queste le principali evidenze:

- la ex S.S.10 e la S.P.1 sono interessate complessivamente nel giorno feriale medio da un traffico veicolare di circa 28.300 ve/g e 16.300 ve/g, che si riduce significativamente nelle giornate di sabato e domenica;
- appare chiara l'attrattività della città di Mantova, che determina sulla ex S.S.10 il prevalere dei flussi diretti ad Est il mattino
- sulla ex S.S.10 prevalgono i flussi in direzione di Curtatone e Mantova nell'ora di punta del mattino, e quelli di "rientro" verso Ovest nell'ora di punta della sera;
- analogamente sulla S.P.1 i flussi maggiori si immettono sulla ex S.S.10 nell'ora di punta del mattino mentre sono diretti verso Nord nel pomeriggio.

Il conteggio classificato delle singole manovre di svolta sull'intersezione tra ex S.S.10 e S.P.1 consente di dettagliare ancor meglio queste tendenze generali:

- la rappresentazione grafica dei flussogrammi mostra chiaramente come gli scambi di flussi tra la S.P.1 e il ramo Est della ex S.S.10 (da e per Mantova) prevalgano nettamente sugli scambi tra la S.P.1 e il ramo Ovest della ex S.S.10, ridotti a pochi veicoli all'ora;
- il ramo Est della ex S.S.10 risulta così sempre il più carico dei tre monitorati, con flussi bidirezionali che superano i 2000 ve/h nelle ore di punta di mattino e pomeriggio, e vi si avvicinano intorno al mezzogiorno;
- in particolare i flussi in direzione di Mantova risultano pari a 1250 ve/h il mattino (massimo giornaliero), 870 ve/h a mezzogiorno e 1080 ve/h la sera; i flussi opposti misurati sempre sul ramo est sono pari rispettivamente a 970 ve/h, 1010 ve/h e 1050 ve/h;
- dei flussi provenienti da Curtatone e Mantova la maggior parte (circa il 60% in tutte le ore di punta monitorate) svolta a destra sulla S.P.1 e la restante parte prosegue verso Ovest;
- dei flussi diretti verso Curtatone e Mantova la quota parte proveniente dalla S.P.1, che esegue la manovra di svolta a sinistra, è pari al 38% il mattino (480 ve/h contro i 790 ve/h provenienti da ovest), e si alza intorno al 55% a mezzogiorno (500 ve/h contro i 400 ve/h da ovest) e la sera (580 ve/h contro i 532 ve/h da ovest); l'entità del volume di traffico che esegue la svolta a sinistra va evidenziata, dal momento che ad essa, ed al flusso conflittuale sulla direttrice est-ovest, è legata principalmente la formazione degli accodamenti sul ramo della S.P.1 che si registra abitualmente nelle ore più trafficate;
- come già detto, riveste una rilevanza pressoché nulla la manovra di svolta a sinistra dal ramo Ovest della ex S.S.10 alla S.P.1.

Di seguito si riportano i tre flussogrammi (giorno feriale 07:30-08:30; 12:00-13:00; 17:30-18:30) estratti dall'elaborato MONITORAGGIO DEL TRAFFICO DELL'INTERSEZIONE CANALIZZATA TRA LA S.P. EX S.S.10 PADANA INFERIORE E LA S.P.1 ASOLANA IN LOCALITÀ GRAZIE DI CURTATONE, a cura di Atlante S.r.l.

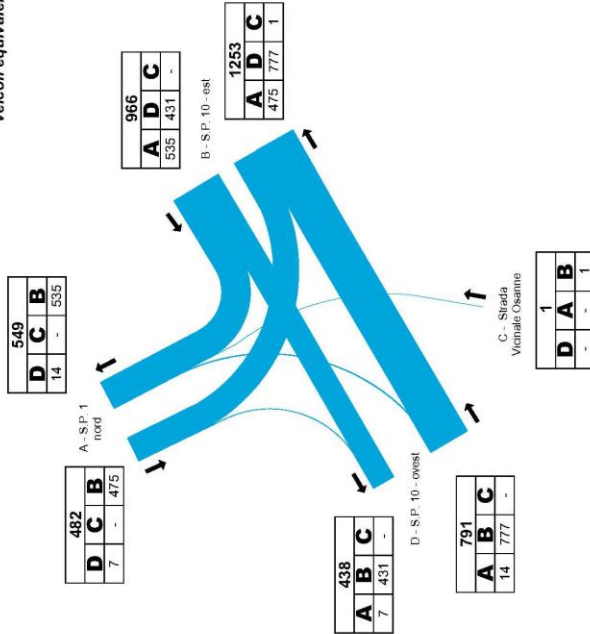


Monitoraggio del traffico dell'intersezione canalizzata tra la S.P. ex S.S.10 Padana Inferiore e la S.P.1 Asolana in località Grazie di Curtatone

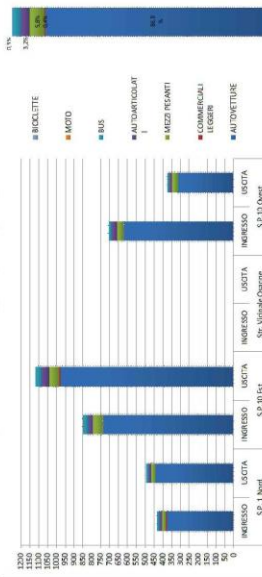
PROVINCIA DI MANTOVA



Flussogramma ora di punta
7:30 - 8:30
500
veicoli equivalenti



Composizione del traffico per tipologia di veicolo



Matrici OD per tipologia di veicolo

Table with 5 columns (A-E) and 5 rows (A-E) showing origin-destination matrices for vehicle types.

Table with 5 columns (A-E) and 5 rows (A-E) showing origin-destination matrices for vehicle types.

Table with 5 columns (A-E) and 5 rows (A-E) showing origin-destination matrices for vehicle types.

Table with 5 columns (A-E) and 5 rows (A-E) showing origin-destination matrices for vehicle types.

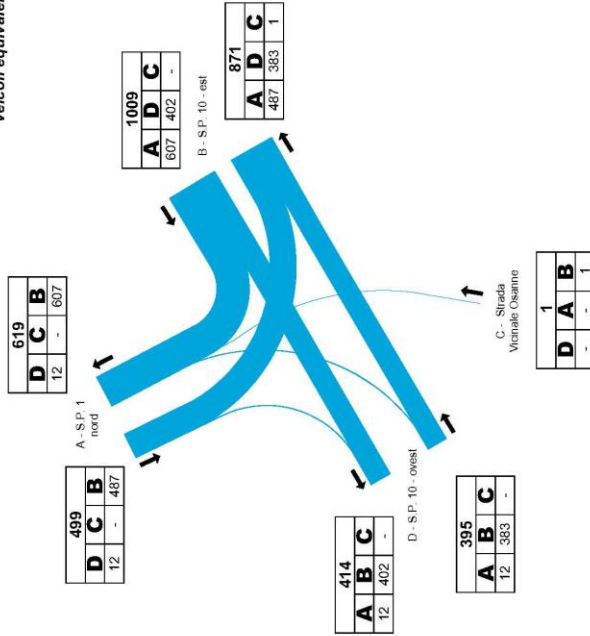
Table with 5 columns (A-E) and 5 rows (A-E) showing origin-destination matrices for vehicle types.



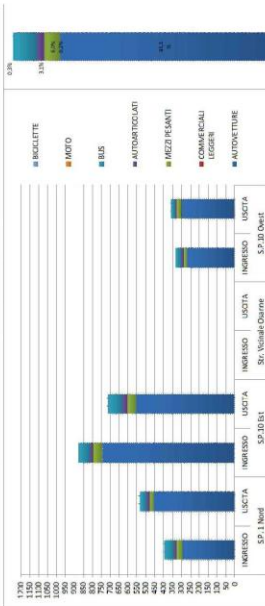
Monitoraggio del traffico dell'intersezione canalizzata tra la S.P. ex S.S.10 Padana Inferiore e la S.P.1 Asolana in località Grazie di Curtatone



Flussogramma ora di punta
 12:00 - 13:00
 500
 veicoli equivalenti



Composizione del traffico per tipologia di veicolo



Matrici OD per tipologia di veicolo

dalla		verso					TOT
A	B	C	D	E	TOT		
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
TOT	3	2	0	0	0	5	

veicoli ingressi		veicoli presenti					TOT
A	B	C	D	E	TOT		
446	284	0	4	0	102	836	
0	0	0	52	0	131	183	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
TOT	452	0	302	0	1307	1961	

veicoli presenti		veicoli REALI					TOT
A	B	C	D	E	TOT		
79	388	0	0	0	306	773	
0	0	0	350	0	875	1225	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
TOT	79	0	350	0	1681	2110	

veicoli equivalenti		veicoli REALI					TOT
A	B	C	D	E	TOT		
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
TOT	554	711	0	358	0	1623	

veicoli equivalenti		veicoli REALI					TOT
A	B	C	D	E	TOT		
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
TOT	619	871	0	414	0	1904	



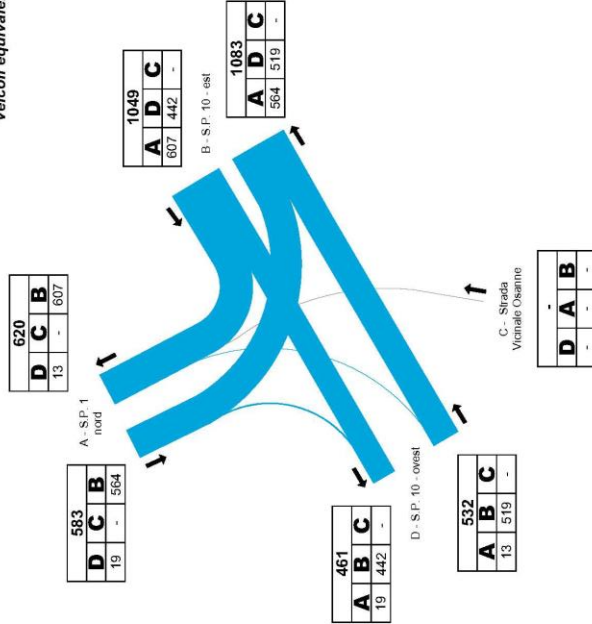


Monitoraggio del traffico dell'intersezione canalizzata tra la S.P. ex S.S.10 Padana Inferiore e la S.P.1 Asolana in località Grazie di Curtatone

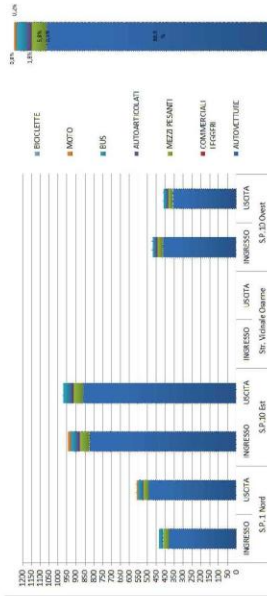
PROVINCIA DI MANTOVA



Flussogramma ora di punta
17:30 - 18:30
500
veicoli equivalenti



Composizione del traffico per tipologia di veicolo



Matrici OD per tipologia di veicolo

dir. n°10	A	B	C	D	E	TOT
A	0	1	0	3	0	4
B	0	0	0	4	0	13
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0
TOT	0	1	0	7	0	19

dir. n°10	A	B	C	D	E	TOT
A	0	455	0	16	0	471
B	480	0	0	344	0	824
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0
TOT	480	455	0	360	0	1300

veicoli pesanti	A	B	C	D	E	TOT
A	0	54	0	0	0	54
B	59	0	0	47	0	106
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0
TOT	59	54	0	47	0	219

veicoli REALI	A	B	C	D	E	TOT
A	0	509	0	16	0	525
B	539	0	0	391	0	930
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0
TOT	539	509	0	407	0	1655

veicoli EQUIVALENTI	A	B	C	D	E	TOT
A	0	1854	0	19	0	1873
B	607	0	0	442	0	1049
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0
TOT	607	1854	0	461	0	2194





PROGETTO DEFINITIVO

2.3. L'incidentalità

I dati relativi all'incidentalità sono stati forniti dall' Area Lavori Pubblici e Trasporti / Servizio Sicurezza stradale della Provincia di Mantova per il periodo 2005 – 2017.

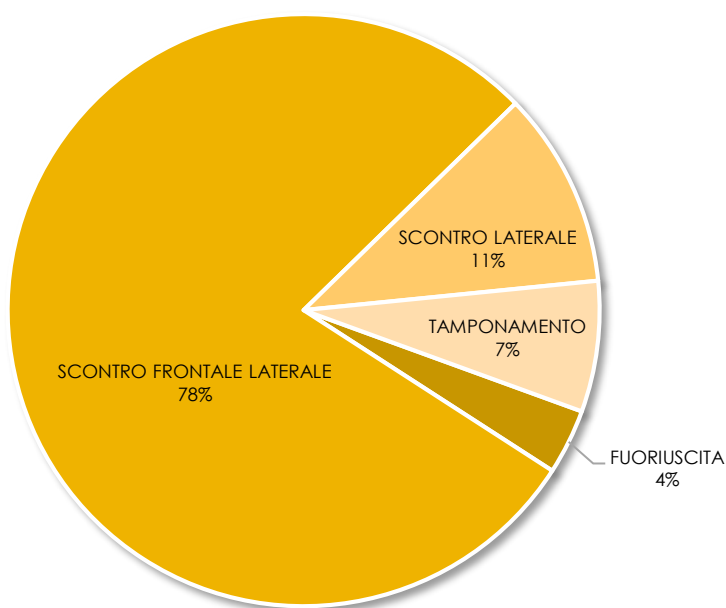
Estrapolando i dati relativi all'intersezione, cioè quelli corrispondenti alla progressiva chilometrica 279, e filtrando gli incidenti legati alle manovre sull'intersezione si è giunti alla tabella di seguito allegata.

ANNO	MESE	GIORNO	NATURA	AVEICOL	BVEICOL	CIRCOSTANZA AUTISTA A	CIRCOSTANZA AUTISTA B	MORTI	FERITI
2005	maggio	22	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	3
2005	agosto	13	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA DARE LA PRECEDENZA AL VEICOLO PROVENIENTE DA DESTRA	0	1
2006	DICEMBRE	18	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	MANOVRAVA PER IMMETTERSI NEL FLUSSO DELLA CIRCOLAZIONE	0	1
2006	GENNAIO	26	FUORIUSCITA	AUTOVETTURA		PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP		0	2
2006	NOVEMBRE	9	SCONTRIO LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	3
2007	AGOSTO	23	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	0	2
2007	OTTOBRE	6	SCONTRIO LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	0	1
2008	DICEMBRE	7	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA DARE LA PRECEDENZA AL VEICOLO PROVENIENTE DA DESTRA	0	4
2008	OTTOBRE	2	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	0	2
2008	OTTOBRE	19	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	SVOLTAVA A SINISTRA REGOLARMENTE	SORPASSAVA ALL' INCROCIO	0	2
2008	SETTEMBRE	19	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA SENZA DARE LA PRECEDENZA AL VEICOLO PROVENIENTE DA DESTRA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	3
2009	GIUGNO	7	SCONTRIO LATERALE	MOTOCICLO CON PASSEGGERO	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	1
2009	OTTOBRE	23	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA DARE LA PRECEDENZA AL VEICOLO PROVENIENTE DA DESTRA	0	1
2009	SETTEMBRE	20	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	0	1
2009	SETTEMBRE	28	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOCARRO	AUTOCARRO	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE IL SEGNALE DI DARE LA PRECEDENZA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	2
2010	SETTEMBRE	4	TAMPONAMENTO	AUTOVETTURA	AUTOCARRO	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA CON GUIDA DISTRATTA E ANDAMENTO INDECISO	0	1
2011	GIUGNO	15	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOCARRO	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE IL SEGNALE DI DARE LA PRECEDENZA	0	2
2011	LUGLIO	31	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	MOTOCICLO DA SOLO	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	0	1
2013	AGOSTO	24	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA SENZA DARE LA PRECEDENZA AL VEICOLO PROVENIENTE DA DESTRA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	2
2013	APRILE	1	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	0	2
2013	APRILE	6	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOTRENO	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	0	1
2013	GIUGNO	3	TAMPONAMENTO	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	PROCEDEVA SENZA MANTENERE LA DISTANZA DI SICUREZZA	0	2
2013	MAGGIO	19	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	1
2014	MAGGIO	22	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	MOTOCICLO CON PASSEGGERO	AUTOVETTURA	PROCEDEVA REGOLARMENTE	SVOLTAVA A SINISTRA IRREGOLARMENTE	0	1
2014	NOVEMBRE	14	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	BICICLETTA	AUTOVETTURA	-	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	1
2015	MAGGIO	10	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	MOTOCICLO DA SOLO	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	PROCEDEVA SENZA DARE LA PRECEDENZA AL VEICOLO PROVENIENTE DA DESTRA	0	1
2016	MARZO	5	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	SVOLTAVA A SINISTRA IRREGOLARMENTE	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	2
2016	OTTOBRE	1	SCONTRIO FRONTALE LATERALE	AUTOVETTURA	AUTOVETTURA	PROCEDEVA SENZA RISPETTARE LO STOP	PROCEDEVA REGOLARMENTE	0	1

PROGETTO DEFINITIVO

Da essa si evidenzia come, nel periodo di riferimento, siano avvenuti **28** incidenti. Il dato più significativo però è quello legato alla natura del sinistro registrato; quasi il **90%** degli incidenti è legato a uno "scontro frontale laterale" e/o "scontro laterale"; questa tendenza è confermata anche dai dati ISTAT che classificano questa tipologia di sinistro come la più frequente a livello nazionale.

Natura del sinistro



Questa tipologia di incidente è tipica del mancato rispetto delle precedenze, soprattutto nelle svolte a Sx.



2.4. Le criticità attuali

Nel presente capitolo si effettuerà una disamina delle principali criticità emerse dall'analisi dello stato di fatto dell'intersezione.

Prima ancora di affrontare nel dettaglio le criticità puntuali legate alle varie componenti territoriali, tecniche e sociali è utile ricordare che l'intersezione smista il traffico di due direttrici che svolgono una funzione primaria nel reticolo viabilistico provinciale ed interprovinciale, infatti la ex S.S. 10 (classificata dalla Regione Lombardia con D.G.R. 19709 del 03.12.2004 quale "Strada di interesse regionale R1") collega il capoluogo di provincia con la città di Cremona mentre la S.P.1 drena, attraverso la ex S.S. 343 e la ex S.S. 236, una parte del traffico proveniente dalla città di Brescia e più in generale da e verso il Lago di Garda. Vista la peculiare condizione geografica della Città di Mantova (confinata a Nord dai Laghi), la S.P. 1 viene sempre più frequentemente utilizzata come "tangenziale Ovest" per evitare l'attraversamento dell'area urbana cittadina da parte del traffico con direttrice Nord/Ovest – Sud/Est e viceversa.

Il primo dato significativo è quello legato al traffico; i dati esposti in precedenza evidenziano come il principale elemento di criticità dell'intersezione, nella configurazione odierna, è il conflitto tra il flusso di traffico proveniente da Est in direzione Cremona sulla ex S.S. 10 e il flusso di traffico proveniente da Nord in direzione Mantova sulla S.P. 1 (in tutte le ore di punta rilevate più del 90% del flusso di traffico proveniente dalla S.P. 1 svolta a Sx in direzione Mantova confliggendo con il flusso della ex S.S. 10 in direzione Cremona). Questo comporta, negli orari di punta, la creazione di lunghe code sul ramo proveniente dalla S.P.1.

ORA DI PUNTA DELLA SERA (17:30-18:30)							
Scenario	Ingresso al nodo	Flusso [ve/h]	Ritardo Medio [sec]	Ritardo Max [sec]	Coda Media [m]	Coda Max [m]	LOS
Stato Attuale	SP 10 EST	824					
	SP 10 OVEST	412					A
	SP 01 NORD	471	20.0	57.0	32.9	78.5	C

A questa matrice O/D è legata anche la maggior parte dell'incidentalità in quanto la svolta a Sx induce la tipologia di incidente più frequente rilevata nel periodo in esame ("scontro frontale laterale" e/o "scontro laterale").

Un ulteriore elemento di rischio è rappresentato dall'ingresso dell'allevamento suinicolo posto a ridosso dell'intersezione; con l'attuale segnaletica orizzontale le manovre consentite sono esclusivamente quelle di ingresso e uscita di mano sulla corsia Dx (è presente una doppia striscia continua di separazione delle corsie). Questa condizione costringe gli utenti ad effettuare le inversioni di marcia in corrispondenza delle due rotatorie più prossime all'allevamento poste rispettivamente a circa 3 Km ad Ovest in direzione Mantova e circa a 3 Km ad Est in direzione Cremona. Dalle osservazioni effettuate, e dalle testimonianze raccolte, vista la considerevole distanza dei punti di inversione del senso di marcia, frequentemente il comportamento degli utenti non è stato rispettoso del Codice della strada e della segnaletica orizzontale effettuando la manovra di svolta a Sx in ingresso per chi proviene da Mantova o dalla S.P. 1 e la svolta a Sx in uscita per chi deve andare verso Cremona.

Nello schema riportato nella pagina seguente sono evidenziati i punti di conflitto che oggi si riscontrano nell'intersezione.

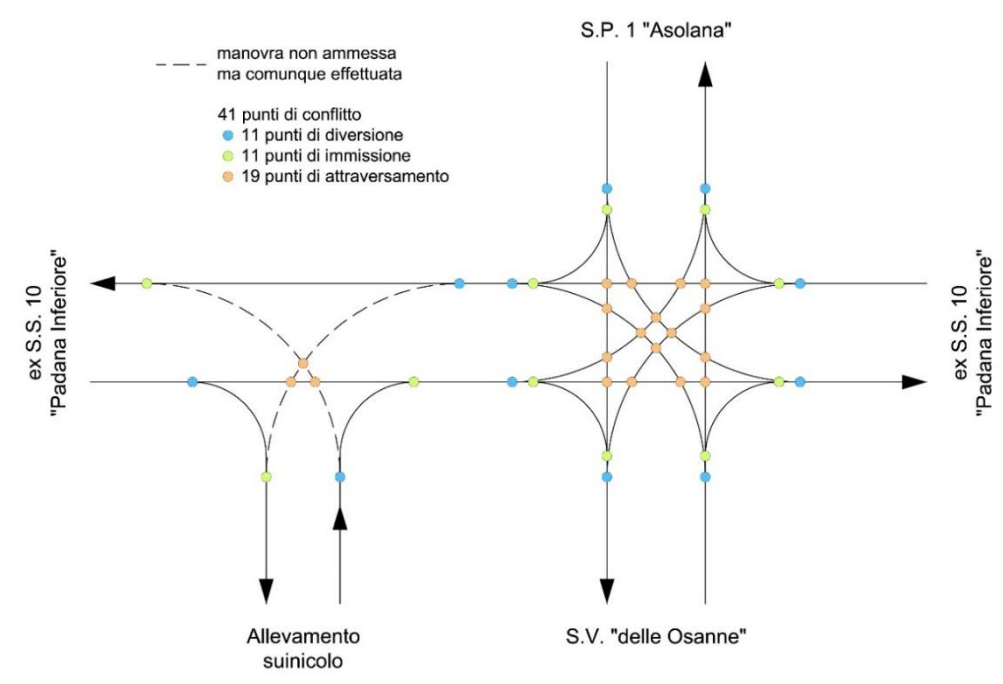


Figura 2-5 Punti di conflitto configurazione attuale

Le condizioni metereologiche condizionano sicuramente la fruibilità in sicurezza dell'intersezione; come è noto, la pianura padana, soprattutto nel periodo invernale, è soggetta al fenomeno della nebbia. Le manovre di svolta a Sx e le manovre di ingresso/uscita all'allevamento suinicolo combinate con questa evenienza metereologica, che limita fortemente la visibilità, aggravano le condizioni di rischio dell'attuale intersezione.

Un'altra criticità è rappresentata dalla presenza, sul lato Sud, in prossimità dell'ingresso all'allevamento suinicolo, di una fermata del trasporto pubblico locale extraurbano. La fermata è servita da n. 3 linee extraurbane dell'azienda di trasporto mantovana (APAM) oltre agli autobus in servizio scolastico nel periodo invernale. Essa non è assolutamente qualificata in termini geometrici e materici; non sono presenti corsie di decelerazione, né di accelerazione e l'area di sosta non è segnalata dalla prescritta segnaletica orizzontale e verticale.

L'agglomerato urbano è posizionato nel quadrante Nord/Ovest dell'intersezione pertanto è chiaro che i pedoni in discesa dagli autobus devono necessariamente attraversare l'incrocio nel punto più ampio in assenza di segnaletica orizzontale e verticale dedicata con evidenti criticità di conflittualità tra l'utenza debole e un TGM di circa 24.000 ve.

In termini di visibilità non si manifestano particolari criticità come evidenziato in precedenza; l'orografia del terreno e l'ambiente circostante sufficientemente libero da ostacoli non impediscono la percezione dell'intersezione anche dalla distanza.

La geometria dell'incrocio, con larghezze e raggi dei rami di raccordo così ampi, induce gli utenti ad un uso improprio dell'intersezione. Più specificatamente il traffico proveniente da Mantova, sulla ex S.S. 10, che deve svoltare verso la S.P. 1 percorre a velocità particolarmente sostenute il ramo di uscita con il rischio, a causa della forza centrifuga, di invadere l'aiuola di separazione dei sensi di marcia o addirittura la corsia opposta; mentre il traffico proveniente da Rivalta sul Mincio, sulla S.P. 1 che deve svoltare sulla ex S.S. 10 verso Mantova, soprattutto quando si creano code significative, tende a creare due corsie affiancate (comportamento soprattutto dei motociclisti) con aggravio del rischio già derivante dalla svolta a Sx.



PROGETTO DEFINITIVO

La segnaletica sull'intersezione e nei rami di approccio e uscita è sufficiente a dare le informazioni necessarie per il rispetto delle regole del codice della strada oltre a fornire le istruzioni per il raggiungimento degli itinerari indicati. La vetustà di cartelli, con perdita della capacità di riflettanza, li rende poco visibili durante le ore notturne nonostante l'incrocio sia illuminato.

L'impianto di illuminazione, costituito da un singolo palo con tre corpi illuminanti posizionato in corrispondenza della cuspide della goccia di separazione dei sensi di marcia sulla S.P.1, risulta appena sufficiente ad illuminare l'area di intersezione ma non adatto ad illuminare correttamente i rami di accesso alla stessa. Il rischio indotto da questa configurazione è legato al repentino cambio di luminosità dell'ambiente al quale l'occhio umano fatica ad adeguarsi se non con tempi non coerenti con i tempi di reazione legati alle manovre stradali.

3. Le opere in progetto

Come anticipato in premessa, a seguito dell'analisi delle criticità emerse nello stato di fatto, si andranno ora a valutare, in maniera **qualitativa**, i benefici attesi a seguito della realizzazione dell'intervento ripercorrendo, per quanto possibile, le "Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade dell'8 giugno 2001, n. 3699 emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici.

Nello sviluppo dell'attività progettuale, di concerto con la Provincia di Mantova, si è proceduto con un approccio metodologico che individuasse una soluzione che riuscisse a contemperare le diversificate esigenze di mobilità con quelle di sicurezza della circolazione, di rispetto dell'ambiente, di sviluppo sociale e di qualità di vita, il tutto commisurato alle risorse economiche e finanziarie messe a disposizione.

3.1. Descrizione dell'intervento e valutazione qualitativa dei benefici attesi

L'intervento si configura come la riqualificazione dell'esistente intersezione tra la ex S.S. 10 e la S.P. 1; come già evidenziato in precedenza convergono sull'incrocio, oltre alle arterie sopra citate, anche la strada vicinale delle "Osanne" e il passo carraio di accesso all'allevamento suinicolo.

Questa configurazione ha creato notevoli difficoltà nell'ideazione di una soluzione progettuale rispettosa in primo luogo della normativa vigente in materia di progettazione stradale e in seconda istanza delle esigenze funzionali dei fondi agricoli serviti dalla Strada Vicinale e delle restrizioni operative imposte all'allevamento suinicolo dalla vigente AIA.

La circolazione rotatoria ha come effetto principale, a prescindere dalla geometria, l'eliminazione delle svolte a Sx che, come evidenziato in precedenza, sono responsabili di circa il **90%** dei sinistri rilevati sull'intersezione. Anche la delocalizzazione dell'ingresso all'allevamento suinicolo consente di ridurre i conflitti tra i vari flussi veicolari e quindi un ulteriore aumento della sicurezza. Nello schema sotto riportato sono evidenziati i punti di conflitto a seguito della realizzazione delle opere in progetto.

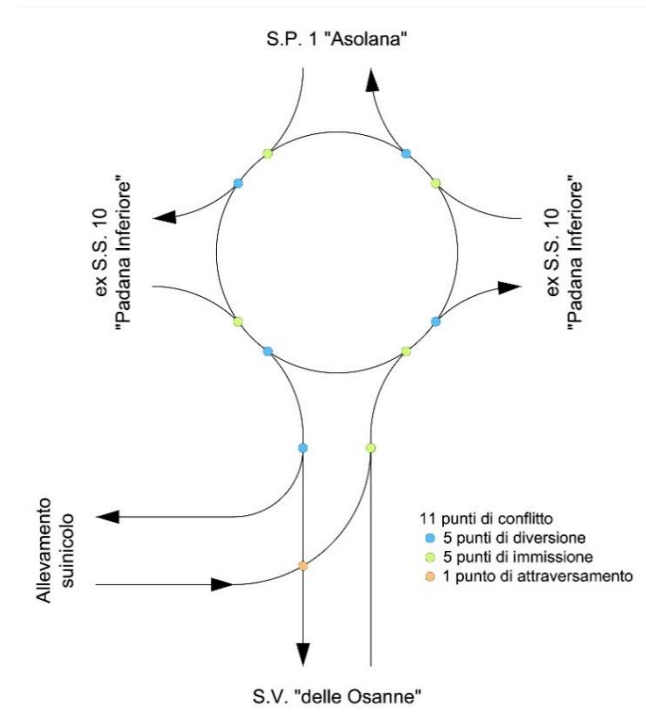


Figura 3-1 Punti di conflitto configurazione di progetto

Rispetto alla configurazione attuale, che presenta 41 punti di conflitto, risulta chiaro che il numero complessivo dei punti di conflitto venga ampiamente ridotto, di circa il 75%, ma il dato particolarmente significativo è il quasi completo annullamento degli attraversamenti (riduzione del 95%), principalmente responsabili dei sinistri rilevati.



PROGETTO DEFINITIVO

In considerazione delle tipologie di strade convergenti nel nodo (ex S.S. 10 e S.P. 1) classificabili, ai sensi del N.C.S. (D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285 e s.m.i.), come "**C - STRADA EXTRAURBANA SECONDARIA**: strada ad unica carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia e banchine", a seguito della verifica di capacità e in relazione all'esperienza maturata negli ultimi 15 anni dal "Servizio Progettazione stradale, Ponti e strutture complesse" della Provincia di Mantova guidato dall'Ing. Antonio Covino che ha progettato e realizzato numerose intersezioni di tipo rotatorio, si è optato per la realizzazione di una intersezione della tipologia "Grandi rotatorie ($50 \text{ m} \leq D_e < 70 \text{ m}$; isola centrale insormontabile)" con diametro esterno di **69,00 m**.

Il **comportamento e le abitudini degli utenti dell'infrastruttura** sono stati un elemento tenuto in considerazione per la progettazione dell'opera in coerenza con il punto "5. Approccio concettuale alle analisi di sicurezza" delle "Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade" dell'8 giugno 2001, n. 3699 nel quale si cita:

"Affinché la procedura di controllo preventivo (del progetto e dell'esistente) possa risultare efficace occorre, pertanto, disporre di criteri, per quanto possibile esaustivi, alla luce dei quali orientare l'analisi di sicurezza. I suddetti criteri, piuttosto che in considerazioni teoriche, debbono trovare il loro fondamento negli insegnamenti che possono trarsi dagli studi d'incidentalità, specie per quanto da questi può dedursi circa l'interazione fra il comportamento degli utenti e le caratteristiche (tecniche, funzionali ed ambientali) dello spazio stradale.

...

Inoltre, si deve tenere presente che, in generale, il fatto che una strada sia stata ben progettata non implica necessariamente che tutti gli utenti avvertiranno i limiti che l'andamento della strada impone al proprio comportamento ovvero che, pur avvertendoli, vi si adegueranno.

..."

Il contesto territoriale di forte connotazione agricola, con l'assenza di ambiti urbani fortemente congestionati e distanze di visibilità ragguardevoli, induce l'utente ad una guida scorrevole caratterizzata da velocità costanti abbastanza sostenute. La rotatoria in progetto tende ad assecondare, nei limiti di sicurezza, questo comportamento in modo da evitare repentine riduzioni di velocità che si traducono poi, in uscita dall'intersezione, in altrettanto repentine accelerazioni per ripristinare la velocità di percorrenza dell'arteria. Si è potuto osservare come questa alternanza di velocità induca gli utenti ad effettuare, in alcuni casi, manovre non propriamente coerenti con il Codice della strada e quindi con relativa diminuzione della sicurezza stradale. Il principio da cui si è mutuata questa scelta è quello indicato nel D.M. 05.11.2001, punto 5.4.4 delle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" nel quale viene chiesto di verificare, per assicurarsi che il tracciato possa essere ritenuto omogeneo, che per le strade con velocità di percorrenza $V_{pmax} \leq 80 \text{ Km/h}$ nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità non deve superare 5 km/h.

È possibile trovare una descrizione dettagliata delle opere nell'elaborato n. 1 - "Relazione tecnico-illustrativa"; nel presente documento si richiameranno quegli elementi utili e necessari ad evidenziare la correlazione tra le scelte progettuali e l'aumento della sicurezza dell'intersezione seguendo la metodologia di analisi prevista dall'"Appendice A - Liste di controllo" delle succitate linee guida per il livello progettuale in esame.

Per il Progetto Definitivo i temi considerati nelle liste di controllo riguardano (per quanto di pertinenza):

1. aspetti generali;
2. geometria;
3. intersezioni a raso;
4. utenze deboli;

si è ritenuto comunque opportuno approfondire anche i seguenti aspetti:

5. segnaletica e illuminazione;
6. barriere di sicurezza;
7. pavimentazioni;



3.2. Liste di controllo del Progetto Definitivo

3.2.1. Lista di controllo 1 - Aspetti generali

3.2.1.1. Funzione della nuova infrastruttura

Preliminarmente a qualsiasi considerazione di tipo geometrico è necessario verificare se l'intervento ha una coerenza funzionale con il contesto. Come citato in precedenza l'intersezione in oggetto smista il traffico di due direttrici che svolgono una funzione primaria nel reticolo viabilistico provinciale ed interprovinciale, infatti la ex S.S. 10 (classificata dalla Regione Lombardia con D.G.R. 19709 del 03.12.2004 quale "Strada di interesse regionale R1") collega il capoluogo di provincia con la città di Cremona mentre la S.P.1 drena, attraverso la ex S.S. 343 e la ex S.S. 236, una parte del traffico proveniente dalla città di Brescia e più in generale da e verso il Lago di Garda.

Vista la peculiare condizione geografica della Città di Mantova (confinata a Nord dai Laghi), la S.P. 1 viene sempre più frequentemente utilizzata come "tangenziale Ovest" per evitare l'attraversamento dell'area urbana cittadina da parte del traffico con direttrice Nord/Ovest – Sud/Est e viceversa. Inoltre, nello scenario infrastrutturale futuro essa sarà elemento terminale della bretella di collegamento con il casello dell'autostrada "Cremona – Mantova", oppure nel caso di mancata realizzazione dell'autostrada, dalla variante della vicina S.C. "delle Morante" (opera già richiesta dal Comune di Curtatone a R.F.I. nell'ambito delle opere compensative per il raddoppio della linea ferroviaria "Mantova – Cremona – Milano").

È lecito attendersi quindi un incremento del traffico veicolare (anche se ad oggi non quantificabile) sul nodo in esame. Come citato nella pubblicazione "Intersezioni stradali" di G. D Rios, Città Studi Edizioni, 2a edizione, Luglio 1991:

"...e comunque non va trascurato il fatto che una sistemazione rotatoria si rivela una scelta irreversibile e inadeguata a processi di potenziamento per gradi successivi, per cui la rotatoria va subito impostata per servire un traffico futuro, inesistente all'atto della costruzione."

Pertanto il progetto di adeguamento dell'attuale intersezione si inserisce appieno nel contesto funzionale delle direttrici che smista anche in relazione alla pianificazione infrastrutturale di lungo periodo con le relative ripercussioni derivanti dalla possibile riconfigurazione della viabilità locale.

3.2.1.2. Inserimento della nuova infrastruttura nella rete esistente

Il tracciato piano altimetrico della rotatoria è coerente con la rete esistente. Le direttrici principali (ex S.S. 10 e S.P. 1) mantengono planimetricamente la loro posizione originaria e il posizionamento dell'isola centrale è stato effettuato garantendo che gli assi delle arterie afferenti passassero per il suo centro. La strada vicinale "delle Osanne" subisce un significativo spostamento di tracciato reso necessario per realizzare il nuovo accesso all'allevamento suinicolo. È importante sottolineare come la soluzione proposta, che in prima istanza potrebbe sembrare invasiva per il territorio agricolo circostante e particolarmente articolata nella geometrizzazione della strada vicinale, tiene conto del quadro programmatico infrastrutturale dei prossimi 10 anni lasciando gli opportuni spazi per l'adeguamento funzionale del ramo Sud (vedi bretella di collegamento con il casello dell'autostrada "Cremona – Mantova", oppure nel caso di mancata realizzazione dell'autostrada, dalla variante della vicina S.C. "delle Morante") con la relativa riconfigurazione dell'ingresso all'allevamento mediante una controstrada parallela al futuro asse principale.

Come anticipato nel capitolo precedente, la quota altimetrica dell'asse della corona giratoria è stato posizionato alla medesima quota dell'incrocio esistente (+26,80 mt s.l.m.m.) pertanto le livellette delle aste principali convergenti nel nodo non subiscono significative variazioni se non per adeguarsi alla pendenza trasversale della rotatoria. Così come per il tracciato planimetrico, anche il tracciato altimetrico della S.V. "delle Osanne" subisce delle modifiche; la nuova livelletta è costituita da tratti orizzontali e da tratti con pendenza mai superiore al 3,00% (pendenza longitudinale modesta) raccordati da dossi e sacche con $R_v \geq 400$ mt.

Le livellette sono quindi caratterizzate da modeste pendenze longitudinali tipiche della pianura che consentono distanze di visibilità rilevanti.



3.2.1.3. Traffico

La geometria impiegata, pur nel rispetto delle verifiche di deflessione nelle quali in tutti i casi il raggio dell'arco di circonferenza passante a 1,5 m dal bordo dell'isola centrale e a 2 m dal bordo delle corsie d'entrata e d'uscita è **inferiore a 100 m**, consente di bilanciare i flussi di traffico, come dimostrato anche dalla "microsimulazione", andando a migliorare complessivamente il LOS dell'intersezione con riequilibrio dei tempi di attesa su tutti i rami afferenti la rotatoria con ritardi sempre inferiori ai 10 sec. (LOS = A).

ORA DI PUNTA DELLA SERA (17:30-18:30)							
Scenario	Ingresso al nodo	Flusso [ve/h]	Ritardo Medio [sec]	Ritardo Max [sec]	Coda Media [m]	Coda Max [m]	LOS
Stato Attuale	SP 10 EST	824					
	SP 10 OVEST	412					A
	SP 01 NORD	471	20.0	57.0	32.9	78.5	C
Progetto	SP 10 EST	824	1.9	5.2	0.0	0.0	A
	SP 10 OVEST	412	2.5	13.1	1.3	2.9	A
	SP 01 NORD	471	2.7	12.2	8.3	26.1	A

Inoltre la verifica di capacità effettuata tramite l'algoritmo messo a punto in Francia nel 1987 dal SETRA, metodo particolarmente adatto alle rotatorie extra-urbane introdotto nello **STUDIO A CARATTERE PRENORMATIVO** preliminare all'approvazione del D.M. 19 aprile 2006 - "Norme tecniche sulle intersezioni stradali", dimostra che la rotatoria presenta condizioni di esercizio soddisfacenti, con ampie riserve di capacità sul ramo della S.P. 01 (circa 40%) e con i rami più critici (S.P. 10) che comunque presentano una riserva di capacità fra il 15 e il 20%.

Pertanto si ritiene che il progetto sia coerente con i flussi di traffico attuali e presenti sufficienti riserve di capacità in relazione allo scenario infrastrutturale futuro.

Il miglioramento del LOS e quindi la riduzione delle code, e una maggiore scorrevolezza del flusso veicolare riduce la probabilità di tamponamenti; questa tipologia di sinistro è spesso legata al fenomeno degli accodamenti dove si susseguono arresti e ripartenze che in caso di distrazione del conducente che non abbia rispettato un'adeguata distanza di sicurezza produce un tamponamento.

Non si prevedono rilevanti volumi di traffico di qualche classe di utenza che richiedano soluzioni o attrezzature particolari.

3.2.1.4. Condizioni ambientali

Come è noto, la pianura padana, soprattutto nel periodo invernale, è soggetta al fenomeno della nebbia. Al fine di migliorare le condizioni di sicurezza legate alla visibilità si è optato per impiegare, su tutta la segnaletica verticale, delle pellicole rifrangenti ad elevata efficienza (classe 2); inoltre, sui rami principali di accesso, sono stati posizionati dei cartelli di "preavviso di intersezione" corredati da lampeggiatori gialli a led così come sulle cuspidi delle aiuole di separazione dei flussi veicolare, sopra al segnale "delineatore di ostacolo".

Sempre al fine di migliorare le condizioni di sicurezza legate alla visibilità in orario notturno e in caso di nebbia sarà completamente rifatto l'impianto di illuminazione andando ad illuminare sia la corona giratoria che i relativi rami d'accesso in conformità alla normativa tecnica EN 13201.

3.2.1.5. Abbagliamento notturno

L'isola centrale è stata sistemata a verde in modo tale da contemperare le esigenze di sicurezza dei fruitori della rotatoria, le esigenze di tipo paesaggistico e quelle di tipo idraulico. La sistemazione prevede una leggera duna perimetrale con una pendenza del 15% che si rialza dal punto più basso della pavimentazione stradale di circa 60 cm.



PROGETTO DEFINITIVO

Sulla sommità della duna, verrà realizzata una siepe, sull'intero contorno dell'aiuola a meno di una zona limitata per l'accesso e la manutenzione, costituita da doppio filare arbustivo di "Rosa canina". Questa sistemazione consente di limitare l'abbagliamento degli utenti in approccio della rotatoria da parte dei veicoli in approccio dal senso opposto.

3.2.1.6. Accessi

Sulla corona giratoria non sono previsti accessi se non quelli afferenti ai tronchi di strada che collega; infatti i passi carrai presenti sono stati delocalizzati in posizioni coerenti con la funzionalità degli stessi e in modo da non creare compromissione della sicurezza viaria.

Un elemento di conflitto con un ramo Nord di uscita dalla rotatoria era la presenza di un accesso carraio all'area verde del Campo da calcio utilizzato dalla società incaricata della raccolta dei rifiuti per lo svuotamento del cassone contenente gli sfalci e i rifiuti vegetali. Per ovviare a questa conflittualità si è optato per delocalizzare l'accesso carraio più a Nord, lontano dal ramo di uscita, creando una zona di sosta delle dimensioni di circa 8,00 x 15,00 m funzionale alle manovre dei mezzi in carico e scarico. Questa zona di sosta permette ai mezzi di rimanere fuori dalla carreggiata e quindi non creare conflitto con i flussi veicolari e mantenere il livello di sicurezza.

L'altro elemento di conflitto era rappresentato dall'accesso all'allevamento suinicolo che è stato delocalizzato sul ramo Sud di uscita dalla rotatoria. Da questo ramo, che consente di dare continuità alla S.V. delle "Osanne", si accede alla zona filtro, interna allo spazio aziendale, necessaria per le operazioni di sterilizzazione dei mezzi; questa zona è delimitata, come già oggi avviene, da fioriere in calcestruzzo distanziate di circa 10 cm una dall'altra che vanno a chiudersi sulla nuova recinzione costituita da un muretto di base in calcestruzzo armato di altezza variabile e una porzione metallica costituita dai pannelli esistenti che verranno recuperati, sverniciati, modificati e reinstallati nelle nuove sedi. L'accesso all'allevamento avviene tramite un cancello carraio scorrevole motorizzato di larghezza pari a 8,00 m e da un portoncino pedonale di larghezza pari a 1,20 m. La zona filtro è presidiata da una sbarra motorizzata con sottostante barriera ad aste di larghezza pari a 6,00 m.

3.2.1.7. Sviluppi adiacenti

A margine del nodo sono presenti solo due indicazioni commerciali, di modeste dimensioni, comunque installate su tabelle conformi al codice della strada che non inducono distrazione nei conducenti. È presente, nell'angolo Nord/Est, un impianto di illuminazione del campo da calcio costituito da proiettori direzionali installati su pali di altezza pari a 9,00 mt. Essi convogliano il flusso luminoso verso il campo da calcio e quella componente di dispersione luminosa che dovesse essere proiettata verso la strada viene comunque intercettata dal filare di pioppi cipressini di altezza pari a 15,00 mt posizionato alle loro spalle.

3.2.2. Lista di controllo 2 - Geometria

3.2.2.1. Velocità di progetto

Attualmente i limiti di velocità in corrispondenza dell'intersezione corrispondono a 70 Km/h. Con l'introduzione della circolazione rotatoria si è deciso di modulare una progressiva riduzione del limite di velocità sui tre rami principali. A 150 mt dalla soglia dell'intersezione vengono posizionati il cartello di pericolo "circolazione rotatoria" e il cartello di prescrizione "limite massimo di velocità 70 Km/h", a 110 mt dalla soglia di intersezione viene installato un "segnale di preavviso di intersezione" munito di lampeggiatori gialli a led e a 70 mt dalla soglia dell'intersezione viene posizionato il cartello di prescrizione "limite massimo di velocità 50 Km/h". Pertanto la velocità massima in approccio della corona giratoria è di 50 Km/h.

Come già affermato in precedenza la scelta progettuale è stata quella di mantenere il più uniforme possibile la velocità di approccio con quella di percorrenza mutuando il criterio indicato nel D.M. 05.11.2001, punto 5.4.4 delle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" nel quale viene chiesto di verificare, per assicurarsi che il tracciato possa essere ritenuto omogeneo, che per le strade con velocità di percorrenza $V_{pmax} \leq 80$ Km/h nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità non deve superare 5 km/h.

Pertanto la velocità massima di progetto adottata è di **45 Km/h**.



PROGETTO DEFINITIVO

Avendo fissato la velocità di progetto, attraverso l'equazione di equilibrio dinamico in curva, si è ricavato il raggio minimo dell'asse della corona giratoria. Prima di esplicitare il calcolo è utile premettere che sono stati impiegati i seguenti accorgimenti che consentono di determinare i parametri da inserire nell'equazione.

Pendenza trasversale della piattaforma

Si è deciso di impiegare una pendenza trasversale della piattaforma del 2,00% verso il centro della corona giratoria in controtendenza con quanto indicato nel D.M. 19.04.2006. A sostegno di questa scelta si riporta quanto citato nella pubblicazione "Intersezioni stradali" di G. D Rios, Città Studi Edizioni, 2a edizione, Luglio 1991:

"Il problema delle pendenze trasversali è comunque di rilevante importanza per quanto concerne la velocità ammissibile nella rotatoria e pertanto va lasciata al progettista, caso per caso, la scelta della soluzione di miglior compromesso tra le varie esigenze."

Si ritiene, in tesi generale, sconsigliabile, in campo extraurbano, l'adozione di pendenze verso l'esterno della rotatoria, a causa di pericoli di sbandamento che tale sistemazione comporterebbe, pur risultando economica per l'eliminazione di opere fognarie di smaltimento delle acque dall'isola centrale."

Nel caso specifico questa ultima parte di citazione non risulta corretta in quanto, in relazione alle recenti politiche di invarianza idraulica, si è deciso di convogliare le acque all'interno dell'isola centrale creando una vasca di infiltrazione.

Pavimentazione stradale

Per il manto di usura si è optato per l'impiego di un conglomerato bituminoso antisdrucchiolo SMA (splittmastix Asphalt) che, grazie alla qualità particolarmente elevata nella scelta degli aggregati e del bitume, alle caratteristiche granulometriche con curva discontinua ed alto contenuto di graniglie e pietrischetti, consente di conseguire prestazioni superiori in termini di durabilità, stabilità e sicurezza.

Gli SMA sono conglomerati chiusi che, per l'accurata scelta dei componenti minerali, del legante e per le specifiche formulazioni, forniscono rugosità superficiale elevata, macrotestitura (utile in caso di pavimentazione bagnata), stabilità, resistenza alle deformazioni e all'ormaiamento superficiale, attenuazione del rischio di aquaplaning e parziale fonoassorbenza.

Per valutare le prestazioni di questo tipo di pavimentazione si è preso come riferimento la pubblicazione "Bitume Modificato - La strada giusta - Suggerimenti e note tecniche per elaborare un capitolato d'appalto per pavimentazioni stradali con bitume modificato" redatto da SITEB - Associazione Italiana Bitume Asfalto Strade, 2a edizione, Giugno 2000. Al capitolo 4.3 - Usura antisdrucchiolo SMA (splittmastix Asphalt) vengono indicati i requisiti minimi del conglomerato dove viene indicato un coefficiente di aderenza trasversale (15-90 gg.) $> 0,55$ con riferimento alla norma CNR - BU n. 147/92.

Nel Piano di Manutenzione saranno indicati gli accorgimenti necessari a mantenere in perfetta efficienza la pavimentazione stradale al fine di garantire sempre le massime prestazioni della stessa.

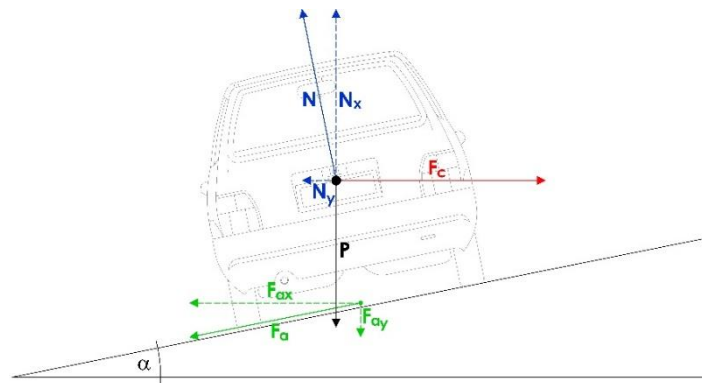
In considerazione di quanto sopra l'impiego di questa tipologia di pavimentazione consente di adottare un coefficiente di aderenza trasversale $\mu = 0.5$.

Di seguito si esplicita il calcolo dell'equilibrio dinamico in curva dove:

$$P = m \times g$$

$$F_a = \mu \times N$$

$$F_c = m \times \frac{v^2}{r}$$



imponendo la condizione di equilibrio dove:

$$F_c = F_{ax} + N_x$$

si ottiene:

$$r = \frac{v^2}{g \times \frac{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}}$$

definiti i valori di:

$$v = 12,5 \text{ m/s (45km/h)}$$

$$\alpha = 0,02 \text{ rad (corrispondente ad una pendenza del 2% verso l'interno)}$$

$$\mu = 0,5$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

sostituendo i valori nella formula il valore del raggio è pari:

$$r = \frac{12,5^2}{9,81 \times \frac{(0,5 \times 0,999 + 0,019)}{(0,999 - 0,5 \times 0,019)}} = 30,32 \text{ mt}$$

si è quindi adottato un raggio giratorio in asse alla corona anulare di **30,00** mt.

Come anticipato in premessa si calcola ora il coefficiente di aderenza trasversale μ di una rotatoria con diametro esterno di 50,00 mt e una pendenza trasversale della corona anulare rivolta verso le banchine esterne pari al 2,00%.

La condizione di equilibrio rimane quella citata in precedenza dove:

$$F_c = F_{ax} + N_x$$

dalla quale si ottiene:

$$\mu = \frac{(v^2 \times \cos \alpha) + (r \times g \times \sin \alpha)}{(v^2 \times \sin \alpha) - (r \times g \times \cos \alpha)}$$



PROGETTO DEFINITIVO

definiti i valori di:

$$v = 12,5 \text{ m/s (45 km/h)}$$

$$\alpha = 0,02 \text{ rad}$$

$$r = 20,5 \text{ mt}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

sostituendo i valori nella formula il valore del coefficiente di aderenza trasversale μ è pari:

$$\mu = \frac{(12,5^2 \times 0,999) + (20,5 \times 9,81 \times 0,019)}{(12,5^2 \times 0,019) - (20,5 \times 9,81 \times 0,999)} = 0,810$$

Il valore del coefficiente di aderenza trasversale $\mu = 0,810$ è estremamente elevato e fuori "range" di accettabilità. In considerazione del limite di velocità imposto (50 km/h) e della velocità massima di progetto adottata pari a 45 m/h si può affermare che se si entra in una rotatoria da 50,00 mt con pendenza trasversale della corona anulare rivolta verso le banchine esterne, alla velocità di progetto, c'è una elevatissima probabilità di perdita di aderenza e quindi di fuoriuscita laterale.

3.2.2.2. Tracciato planimetrico

Nella costruzione dell'intersezione si è cercato di rispettare la migliore distribuzione dei bracci attorno all'anello e il posizionamento dell'isola centrale è stato effettuato garantendo che gli assi delle arterie afferenti passassero per il suo centro.

Di seguito vengono rappresentate in sintesi, in modo grafico e tabellare, le misure utilizzate per la costruzione planimetrica della rotatoria.

Descrizione elemento	Notazione	Valore (m)
Diametro della rotatoria	D _e	69,00
Raggio giratorio esterno	R _{ge}	34,50
Raggio giratorio interno	R _{gi}	25,50
Larghezza dell'anello	l _a	9,00
Larghezza anello interno sormontabile	l _{is}	0,00
Asse 1 – ex S.S. 10 Ovest		
Raggio d'entrata	R _{e1}	20,00
Larghezza corsia entrante	l _{e1}	4,50
Raggio di raccordo entrante	R _{re1}	70,00
Raggio d'uscita	R _{u1}	30,00
Larghezza corsia uscente	l _{u1}	5,00
Raggio di raccordo uscente	R _{ru1}	70,00
Larghezza isola	L _{iso}	12,00
Distanza attraversamento pedonale	D _p	0,00
Asse 2 – S.P. 1		
Raggio d'entrata	R _{e1}	20,00
Larghezza corsia entrante	l _{e1}	4,50
Raggio di raccordo entrante	R _{re1}	70,00
Raggio d'uscita	R _{u1}	30,00
Larghezza corsia uscente	l _{u1}	5,00
Raggio di raccordo uscente	R _{ru1}	70,00
Larghezza isola	L _{iso}	12,00
Distanza attraversamento pedonale	D _p	0,00



PROGETTO DEFINITIVO

Descrizione elemento	Notazione	Valore (m)
Asse 3 – ex S.S. 10 Est		
Raggio d'entrata	R _{e1}	20,00
Larghezza corsia entrante	l _{e1}	4,50
Raggio di raccordo entrante	R _{re1}	70,00
Raggio d'uscita	R _{u1}	30,00
Larghezza corsia uscente	l _{u1}	5,00
Raggio di raccordo uscente	R _{ru1}	70,00
Larghezza isola	L _{iso}	12,00
Distanza attraversamento pedonale	D _p	5,00
Asse 4 – S.V. "delle Osanne"		
Raggio d'entrata	R _{e1}	20,00
Larghezza corsia entrante	l _{e1}	4,50
Raggio di raccordo entrante	R _{re1}	60,00
Raggio d'uscita	R _{u1}	15,00
Larghezza corsia uscente	l _{u1}	5,00
Raggio di raccordo uscente	R _{ru1}	33,80
Larghezza isola	L _{iso}	7,00
Distanza attraversamento pedonale	D _p	0,00

Il tracciato planimetrico dei rami di accesso risulta omogeneo in tutte le componenti (larghezze delle corsie e raggi di raccordo) e pertanto non sono presenti elementi singolari che inducano l'utente in errori di valutazione. Non sono presenti elementi componenti l'intersezione o a margine di essa che possano generare dubbi sull'andamento della strada. L'unico elemento emergente in maniera significativa è il filare di pioppi cipressini che segue l'andamento del ramo di svolta dalla ex S.S.10 Est in direzione della S.P. 1. Detto filare è stato oggetto di prescrizione da parte della competente Soprintendenza archeologica, belle arti e paesaggio per le provincie di Cremona, Lodi e Mantova la quale ha imposto il mantenimento dello stesso se non il potenziamento.

3.2.2.3. Tracciato altimetrico

Come già anticipato in precedenza, la quota altimetrica dell'asse della corona giratoria è stato posizionato alla medesima quota dell'incrocio esistente (+26,80 mt s.l.m.m.) pertanto le livellette delle aste principali convergenti nel nodo non subiscono significative variazioni se non per adeguarsi alla pendenza trasversale della rotatoria. Visto il nuovo tracciato planimetrico, anche il tracciato altimetrico della S.V. "delle Osanne" subisce delle modifiche; la nuova livelletta è costituita da tratti orizzontali e da tratti con pendenza mai superiore al 3,00% (pendenza longitudinale modesta) raccordati da dossi e sacche con $R_v \geq 400$ mt.

Le livellette sono quindi caratterizzate da modeste pendenze longitudinali tipiche della pianura che consentono il regolare deflusso del traffico, anche di quello pesante. I rami in approccio alla rotatoria non prevedono l'alternarsi di salite e discese e quindi, in relazione alle velocità di percorrenza previste, alla lunghezza e alla modesta entità delle pendenze delle livellette, non sono previsti fenomeni dinamici fastidiosi per l'utente.

I valori dei raggi verticali per i raccordi concavi e convessi sono omogenei in funzione del ramo afferente la corona giratoria; sulle direttrici principali il valore di $R_v = 5.000$ mt, mentre per la strada vicinale i valori di R_v sono compresi tra i 400 mt e i 500 mt.

3.2.2.4. Sezione trasversale

La corona anulare è stata organizzata con una singola corsia di larghezza pari a 6 mt e banchine da 1.50 mt in modo da evitare l'incrocio dei flussi veicolari in percorrenza dell'anello con quelli di uscita. L'unico conflitto di traiettorie è quindi quello tra il flusso in percorrenza della corona anulare e il flusso in ingresso alla rotatoria.



PROGETTO DEFINITIVO

I rami di approccio presentano corsie d'ingresso di larghezza totale pari a 4,50 mt e corsie di uscita di larghezza totale pari a 5,00 mt.

La delimitazione dell'isola interna e delle isole di separazione delle corsie di ingresso e uscita sono state effettuate mediante l'impiego di cordone prefabbricate insormontabili con profilo trapezoidale finteggiate in giallo e nero. Questo tipo di delimitazione consente un'immediata leggibilità della geometria della rotatoria e anche in caso di sormonto non costituisce elemento di pericolo.

Tutti i nastri bitumati prevedono degli spazi esterni che, in funzione delle necessità, sono stati sistemati in modo tale da garantire l'ideale installazione delle opere accessorie previste (segnaletica, barriere di sicurezza, pali di illuminazione). In condizioni normali tutti i cigli presentano una sistemazione a verde con un tratto sub-orizzontale di almeno 100 cm oltre alle necessarie scarpate di raccordo con il terreno circostante e le necessarie opere di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche. In alcune posizioni (golfo di fermata dell'autobus) è stata prevista l'installazione di un marciapiede con pavimentazione in calcestruzzo di larghezza pari a 200 cm in modo tale da garantire uno spazio di transito minimo di 150 cm anche nel caso di installazione di barriere di sicurezza.

Le pendenze trasversali dei rami d'accesso sono orientate verso l'esterno e presentano valori di circa il **2,00%**; valore adeguato per il drenaggio dell'acqua piovana con deflusso naturale verso i corpi ricettori presenti a margine della sede stradale.

La pendenza trasversale della corona giratoria è stata impostata **verso l'isola centrale** (scelta già ampiamente giustificata in precedenza) con una inclinazione del **2,00 %**. Sulla corona interna viene previsto un cordolo con n. 8 risagome dove trovano localizzazione altrettante caditoie in ghisa, classe D400, che convogliano l'acqua verso la zona centrale dell'aiuola che costituisce un vaso di accumulo ed infiltrazione delle acque. È chiaro che questo tipo di soluzione prevede una costante e continua manutenzione del sistema di raccolta e convogliamento delle acque. Sarà a carico della Provincia di Mantova l'onere del mantenimento in efficienza del sistema, anche per mezzo dell'impiego del personale "in strada" (cantonieri).

3.2.3. Lista di controllo 3 - Intersezioni a raso

3.2.3.1. Visibilità

Il contesto territoriale nel quale viene realizzata l'opera è quello agricolo della pianura padana caratterizzato da ampi spazi aperti. Il tracciato plano-altimetrico presenta caratteristiche intrinseche tali da non creare problemi di visibilità in qualsiasi condizione. Inoltre non sono presenti elementi naturali e/o antropici che limitino la visibilità in approccio all'intersezione.

Per rafforzare l'avvistamento dalla distanza dell'intersezione si è optato per introdurre nell'isola centrale un'essenza arborea ("Alnus glutinosa") di importanti dimensioni (circa 20/24 m) come ulteriore elemento fortemente connotante e rappresentativo atto al miglioramento della percezione della rotatoria. Sarà cura del gestore del verde mantenere in condizioni di sicurezza questo elemento vegetazionale soprattutto contenendo l'altezza all'interno di valori che, anche in caso di ribaltamento, consentano di non invadere la corona giratoria.

L'isola centrale è stata sistemata a verde prevedendo una leggera duna perimetrale con una pendenza del 15% che si rialza dal punto più basso della pavimentazione stradale di circa 60 cm. Sulla sommità della duna, verrà realizzata una siepe, sull'intero contorno dell'aiuola a meno di una zona limitata per l'accesso e la manutenzione, costituita da doppio filare arbustivo di "Rosa canina". Questa sistemazione consente di rendere ulteriormente evidente e percepibile l'intersezione durante le fasi di approccio ad essa.



PROGETTO DEFINITIVO



Figura 3-2 Visibilità dell'intersezione sulla ex S.S. 10 – ramo Ovest



Figura 3-3 Visibilità dell'intersezione sulla ex S.S. 10 – ramo Est



Figura 3-4 Visibilità dell'intersezione sulla S.P. 1



PROGETTO DEFINITIVO

In relazione alle quote dell'asfalto dei vari assi afferenti la rotatoria e alla posizione plano-altimetrica degli ostacoli visivi introdotti nell'isola centrale si è potuto inoltre costruire il grafico che dimostra lo spazio di visibilità corrispondente al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

Per tutti gli accessi si è constatato che lo spazio di visibilità **corrisponde almeno al quarto di corona giratoria** posta alla sinistra dell'accesso stesso. Questo garantisce a tutti gli utenti, sia quelli in percorrenza che a quelli in approccio, un tempo di reazione tale da effettuare tutte le manovre in piena sicurezza.

3.2.3.2. Leggibilità/facilità di comprensione

Per definizione le intersezioni di tipo rotatorio semplificano significativamente le manovre da effettuare rispetto ad un incrocio canalizzato di tipo tradizionale. L'opera in oggetto è facilmente comprensibile da tutti gli utenti della strada ed è facilmente leggibile da qualsiasi direzione la si approcci. Non si rilevano ambiguità nella forma e nella distribuzione dei rami di accesso che possano indurre gli utenti a comportamenti non coerenti con il codice della strada o con i limiti imposti alla circolazione dalla tipologia di intersezione in esame.

3.2.3.3. Manovre

La conformazione orografica del territorio, gli ampi spazi di avvistamento e visibilità, la conformazione geometrica e l'installazione della prescritta segnaletica verticale ed orizzontale rendono tutte le manovre ammesse chiare e comprensibili a tutti gli utenti.

3.2.4. Lista di controllo 5 - UtENZE deboli

3.2.4.1. Attraversamenti pedonali / Percorsi pedonali

Dal confronto con l'azienda di trasporto pubblico locale è scaturita l'impossibilità di soppressione della fermata in prossimità dell'allevamento suinicolo pertanto si è provveduto a posizionare sulla ex S.S. 10 - Est, in zona posticipata rispetto l'intersezione, ad una distanza di circa 25,00 mt dalla stessa, una zona di fermata per gli autobus realizzando un golfo di fermata esterno alla carreggiata di larghezza pari a 3,00 m con zona di decelerazione di 30,00 m, una zona di sosta di 12,00 m e una zona di accelerazione di 30,00 m.

Questa soluzione, sicuramente migliorativa in termini di sicurezza rispetto a quanto presente oggi, contempla la presenza di un traffico pedonale, promiscuo a quello veicolare, che deve necessariamente raggiungere l'agglomerato urbano posizionato nel quadrante Nord/Est.

È stato realizzato quindi un percorso pedonale di larghezza 1,50 mt, pavimentato in calcestruzzo e adeguatamente protetto con barriera di sicurezza, che convoglia il flusso pedonale verso l'isola di separazione dei sensi di marcia sul ramo Est della ex S.S. 10. In questa posizione è stato ricavato, ad una distanza di 5,00 m dalla soglia di arresto della corona giratoria, un attraversamento pedonale della larghezza di 4,00 mt che consente di trasferire i pedoni dal lato Sud a quello Nord. Da quella posizione i pedoni potranno proseguire verso il centro abitato percorrendo la banchina, sempre protetti da barriere di sicurezza.

L'attraversamento pedonale è stato correttamente posizionato dove sono minimizzate le velocità di percorrenza del nodo che comunque non superano i 45 km/h. Questo posizionamento, insieme ad una adeguata segnaletica verticale ed orizzontale, consente al traffico motorizzato di individuare gli utenti in attraversamento o in procinto di farlo; nel contempo anche l'utente pedonale è in grado di percepire correttamente i flussi veicolari in ingresso e in uscita dalla rotatoria.

La presenza dell'isola di separazione dei sensi di marcia consente al pedone di avere una zona protetta di sosta e di avere più tempo per valutare correttamente e singolarmente i due flussi circolatori.



3.2.4.2. Ciclisti

Nella zona in esame non è previsto un flusso ciclistico significativo se non quello amatoriale. I flussi ciclistici turistici e di fruizione paesaggistica sulla direttrice Mantova – Lago di Garda sono intercettati prima e dopo il centro l'abitato deviandoli su un percorso interno di valorizzazione del borgo di Grazie. Pertanto non si rilevano particolari conflitti tra il traffico motorizzato e quello ciclistico.

3.2.4.3. Motociclisti

La presenza di barriere stradali implica sicuramente un rischio per l'utenza motociclistica. Ne è prova il fatto che il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti abbia emanato il D.M. 01/04/2019 - Dispositivi stradali di sicurezza per i motociclisti (DSM) nel quale si disciplina l'installazione di dispositivi stradali di sicurezza per motociclisti continui su barriere di sicurezza stradale discontinue. In considerazione della tipologia di barriere che si è deciso di impiegare (tipo discontinuo), in relazione alla geometria della rotatoria e della velocità di percorrenza si è ritenuto di dover installare adeguate protezioni per i motociclisti nei tratti in cui la tipologia di sinistro (scivolata per perdita di aderenza del pneumatico a terra) comporti la possibilità di proiezione del conducente verso le barriere stradali. Pertanto in tutti i tratti delimitanti la corona giratoria le barriere di protezione saranno corredate da dispositivi di sicurezza per i motociclisti.

3.3. Ulteriori aspetti approfonditi

Ai sensi del D.M. 21/06/2004 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, in relazione al TGM rilevato (circa 24.000 ve), alla percentuale di mezzi con massa superiore alle 3,5 ton (circa 11%) e alla categoria di strada (C – extraurbane secondarie) la classe minima dei dispositivi di protezione da applicare risulta essere = H1BL.

In considerazione dei criteri di progettazione adottati che tendono a privilegiare una velocità di percorrenza non inferiore a 45 Km/h si è optato per l'installazione di barriere di sicurezza di tipo **H2BL**, con W3 (1,00 mt), corredate da appositi elementi terminali che sostanzialmente assolvono le seguenti funzioni:

- protezione dei rami di uscita dalla rotatoria in corrispondenza di rilevati di altezza significativa;
- protezione dei pali di illuminazione posizionati in approccio della rotatoria e sui rami di accesso e uscita;
- protezione del percorso pedonale che collega la fermata del trasporto pubblico locale posta sulla corsia Dx della ex S.S. 10 con il lato opposto della carreggiata.

La segnaletica orizzontale e verticale, che verrà completamente rifatta, è quella prevista dal Codice della strada e verrà realizzata e posizionata secondo quanto indicato dal D.P.R. n. 495 del 16 dicembre 1992 e s.m.i. – "Regolamento di esecuzione e attuazione del Nuovo codice della strada". Oltre alla segnaletica minima necessaria si è ritenuto opportuno modulare una progressiva riduzione del limite di velocità sui tre rami principali. A 150 mt dalla soglia dell'intersezione vengono posizionati il cartello di pericolo "circolazione rotatoria" e il cartello di prescrizione "limite massimo di velocità 70 Km/h", a 110 mt dalla soglia di intersezione viene installato un "segnale di preavviso di intersezione" munito di lampeggiatori gialli a led e a 70 mt dalla soglia dell'intersezione viene posizionato il cartello di prescrizione "limite massimo di velocità 50 Km/h".

Inoltre, sulle cuspidi delle aiuole di separazione dei flussi veicolari, sopra al segnale "delineatore di ostacolo" viene posizionato un ulteriore lampeggiatore giallo a led.

Al fine di massimizzare la visibilità della segnaletica verticale nelle varie condizioni di visibilità sia diurna che notturna, tutti i cartelli avranno pellicole rifrangenti ad elevata efficienza (classe 2).

Il ricorso a pellicole di classe 2 e l'impiego di segnalazioni luminose aumenta sicuramente il livello di sicurezza soprattutto in relazione a quei periodi invernali tipici della pianura padana dove è possibile la formazione di nebbia.



PROGETTO DEFINITIVO

Per rendere maggiormente evidenti le isole spartitraffico e l'isola centrale, i bordi delle stesse sono stati tinteggiati con una sequenza di colori gialli e neri.

Sempre al fine di migliorare le condizioni di sicurezza legate alla visibilità in orario notturno e in caso di nebbia sarà completamente rifatto l'impianto di illuminazione andando ad illuminare sia la corona giratoria che i relativi rami d'accesso in conformità alla normativa tecnica EN 13201.

Tutti i pali saranno protetti da barriere di sicurezza e saranno installati ad una distanza tale da non inficiare il loro funzionamento in funzione della deflessione dinamica della barriera stessa.

Per il manto di usura si è optato per l'impiego di un conglomerato bituminoso antisdrucchiolo SMA (splittmastix Asphalt) che, grazie alla qualità particolarmente elevata nella scelta degli aggregati e del bitume, alle caratteristiche granulometriche con curva discontinua ed alto contenuto di graniglie e pietrischetti, consente di conseguire prestazioni superiori in termini di durabilità, stabilità e sicurezza.

Gli SMA sono conglomerati chiusi che, per l'accurata scelta dei componenti minerali, del legante e per le specifiche formulazioni, forniscono rugosità superficiale elevata, stabilità, resistenza alle deformazioni e all'ormaiamento superficiale, attenuazione dell'aquaplaning e parziale fonoassorbenza.



3.4. Analisi dell'incidentalità

Al fine di sostenere la scelta progettuale effettuata, supportandola con dati reali, viene effettuata un'analisi dei dati di incidentalità forniti dal Servizio Sicurezza Stradale della Provincia di Mantova riferiti al periodo storico 2006-2016. I dati sono stati estratti dalla banca dati statistica degli incidenti stradali (Modello CTI ING) compilato dalle Forze dell'Ordine per i censimenti ISTAT.

Dette rilevazioni tengono conto degli "incidenti" così definiti, in modo omogeneo, a livello Europeo, ovvero "evento che coinvolge uno o più veicoli con almeno un morto o un ferito". Ai fini di una verifica di sicurezza si ritiene che i dati siano coerenti con la finalità da perseguire.

È utile premettere inoltre che è stato difficile reperire un numero significativo di rotatorie di diametro esterno $\leq 50,00$ mt poiché la Provincia non ne ha pressoché realizzate in ambito extraurbano e quelle disponibili sono state realizzate prevalentemente dai Comuni in ambito urbano seppur su direttrici di traffico significativo;

In ultima analisi, per restituire dei dati confrontabili, si sono filtrate quelle rotatorie con caratteristiche di traffico e di matrici O/D per quanto possibile analoghe a quella in progetto.

Il lavoro svolto è sintetizzato nella seguente tabella:

ID	Asse viario principale	Intersezione (asse viario secondario)	Località	Ambito	Diametro esterno mt	TGM sull'asse principale (veic./gg)	TGM sull'asse secondario (veic./gg)	Incidenti	Morti	Feriti
39	SP ex SS 62	Via di Poggio Reale	Mantova	urbano/extraurbano	46	17.300	9.000	4	0	4
38	SP ex SS 62	SP 81	Mantova	urbano/extraurbano	47	17.300	8.700	3	0	5
26	SP57	Strada S. Silvestro	Curtatone	extraurbano	49	12.100	6.000	3	0	3
37	SP 49	Via Villa Inferiore	Suzzara	urbano/extraurbano	50	15.000	8.000	6	0	8
24	SP ex SS 420	SP 59	Gazzuolo	extraurbano	60	9.000	5.000	1	0	1
33	SP ex SS 62	SP 56	Borgovirgilio	extraurbano	61	9.000	8.600	0	0	0
18	SP ex SS 482	C.C."GRANCASA"	Mantova	extraurbano	64	13.000	10.000	4	0	5
31	SP ex SS 62	ex SS 413	Borgovirgilio	urbano/extraurbano	65	22.000	18.300	7	0	7
1	SP ex SS 10	C.C."4 VENTI"	Curtatone	extraurbano	68	25.000	10.000	7	0	13
19	SP 28	ex SS 482 (via Sartori)	Mantova	extraurbano	68	20.000	10.000	3	0	4
29	SP ex SS 62	Via Donati - Ospedale	Mantova	extraurbano	69	12.000	7.000	5	0	6
7	SP ex SS 236	SP 23	Goito	urbano/extraurbano	70	23.000	15.300	1	0	2
33bis	SP ex SS 62	ex SS 249	Roverbella	extraurbano	70	10.000	7.000	0	0	0
13	SP ex SS 236 BIS	Via di Poggio Reale	Mantova	extraurbano	73	16.000	9.000	5	0	17
35	SP ex SS 413	Casello MN SUD	Bagnolo S.Vito	extraurbano	75	15.000	10.000	2	0	2

Per definire un indice di pericolosità si è operato come di seguito illustrato.



PROGETTO DEFINITIVO

Delle intersezioni si è calcolata l'incidenza degli incidenti in funzione del traffico giornaliero medio nel periodo di riferimento.

Per le rotonde con diametro ≤ 50 mt si hanno complessivamente:

- 16 incidenti (somma degli incidenti nelle diverse rotonde)
- 93.400 veic./gg. (somma dei veic./gg in ingresso nelle diverse rotonde)

pertanto l'indice di incidentalità è pari a:

$$i_{\leq 50} = \frac{16}{93.400} = 0,000171$$

mentre per le rotonde con diametro > 50 mt si hanno complessivamente:

- 35 incidenti (somma degli incidenti nelle diverse rotonde);
- 284.200 veic./gg. (somma dei veic./gg in ingresso nelle diverse rotonde)

pertanto l'indice di incidentalità è pari a:

$$i_{> 50} = \frac{35}{284.200} = 0,000123$$

mettendo in rapporto i due indici andiamo a valutare il rapporto tra le incidentalità delle due diverse tipologie di rotonde:

$$i_p = \frac{0,000171}{0,000123} = 1,39$$

l'indice maggiore di 1 indica come le rotonde con diametro ≤ 50 mt abbiano un grado di pericolosità di circa **1,4 volte maggiore** rispetto a quelle con diametro > 50 mt.

Si può osservare inoltre che tutte le rotonde non hanno dato luogo ad incidenti mortali; si è calcolata l'incidenza dei feriti in funzione del traffico giornaliero medio nel periodo di riferimento da utilizzare come ulteriore indice di pericolosità.

Per le rotonde con diametro ≤ 50 mt si hanno complessivamente:

- 20 feriti (somma dei feriti nelle diverse rotonde)
- 93.400 veic./gg. (somma dei veic./gg in ingresso nelle diverse rotonde)

pertanto l'indice di pericolosità rispetto ai feriti è pari a:

$$f_{\leq 50} = \frac{20}{93.400} = 0,000214$$

mentre per le rotonde con diametro > 50 mt si hanno complessivamente:

- 57 feriti (somma dei feriti nelle diverse rotonde);
- 284.200 veic./gg. (somma dei veic./gg in ingresso nelle diverse rotonde)

pertanto l'indice di pericolosità rispetto ai feriti è pari a:

$$f_{> 50} = \frac{57}{284.200} = 0,000200$$

mettendo in rapporto i due indici andiamo a valutare il rapporto tra le pericolosità delle due diverse tipologie di rotonde:



PROGETTO DEFINITIVO

$$i_p = \frac{0,000214}{0,000200} = 1,07$$

Anche dal punto di vista del numero di feriti le rotatorie di diametro ≤ 50 mt mostrano pericolosità **superiore** rispetto a quelle di diametro maggiore.



4. Conclusioni

Il progetto di "riqualificazione dell'area di intersezione tra la ex S.S. 10 "Padana Inferiore" e la S.P. 1 "Asolana" comporta un notevole miglioramento della funzionalità e delle condizioni della sicurezza dell'intersezione.

In particolare si evidenziano i seguenti benefici attesi a seguito della realizzazione delle opere:

- miglioramento del LOS dell'intersezione con riequilibrio dei tempi di attesa su tutti i rami afferenti la rotatoria con ritardi sempre inferiori ai 10 sec. (LOS = A). Il miglioramento del LOS e quindi la riduzione delle code, e una maggiore scorrevolezza del flusso veicolare riduce la probabilità di tamponamenti e quindi aumenta la sicurezza dell'intersezione;
- riduzione dell'inquinamento sia atmosferico che acustico derivante dal miglioramento del LOS che implica una maggiore fluidità dei flussi veicolari e quindi una riduzione delle soste;
- riduzione significativa dei punti di conflitto rispetto alla configurazione attuale (circa il 75%). Inoltre il diametro utilizzato consente di mantenere ragionevoli distanze di sicurezza tra i punti di immissione e diversione rispetto a rotatorie di diametro inferiore con relativo aumento della sicurezza;
- drastica riduzione dell'incidentalità con potenziale eliminazione della tipologia di incidente "Scontro frontale laterale" e "Scontro laterale" tipica delle svolte a Sx;
- eliminazione del passo carraio dell'allevamento suinicolo direttamente sulla ex S.S. 10 e riposizionamento dello stesso sulla S.V. "delle Osanne";
- spostamento del passo carraio del campo da calcio ad uso esclusivo della società di raccolta dei rifiuti in posizione più consona sulla S.P. 1 con relativo spazio di sosta adeguato;
- riqualificazione della fermata del trasporto pubblico locale extraurbano con messa in sicurezza dell'attraversamento pedonale a tutela dell'utenza debole;
- adeguamento dell'illuminazione alla EN 13201 per quanto concerne la corona giratoria e i relativi rami d'accesso;

Di contro, il diametro scelto, legato ad una maggiore velocità di percorrenza, potrebbe lasciar pensare in prima battuta ad un peggioramento delle condizioni di sicurezza a seguito di fenomeni di sbandamento laterale nella percorrenza della corona giratoria. Gli specifici accorgimenti studiati, quali l'impiego della pendenza trasversale della corona giratoria verso l'interno e della pavimentazione stradale antisdrucchiolo SMA (splitmastix Asphalt), consentono la percorrenza dell'anello rispettivamente con componente della forza peso e maggiore aderenza che si oppongono alla forza centrifuga generata dalla traiettoria, quindi la soluzione contempera le esigenze di scorrevolezza del traffico e di sicurezza degli automobilisti.

La comprovata esperienza maturata dalla Provincia di Mantova nella progettazione, gestione e manutenzione di numerose rotatorie in tutto il territorio provinciale negli ultimi 15 anni conferma che i dati dimensionali e geometrici adottati per la presente soluzione risultano assolutamente adatti per le esigenze di funzionalità e di sicurezza richieste; ne è prova il fatto che, dalle informazioni fornite dalla Provincia stessa, per tutti gli interventi analoghi già realizzati e monitorati si è riscontrata una riduzione dei sinistri e contemporaneamente un aumento della scorrevolezza del traffico di attraversamento, soprattutto in relazione ai mezzi pesanti.

Anche il calcolo effettuato nel capitolo precedente evidenzia come, in relazione al numero di incidenti, al numero di feriti ed al traffico transitante nel nodo, le rotatorie con diametro > 50 mt abbiano un grado di pericolosità inferiore rispetto a quelle di diametro inferiore.

In considerazione di quanto sopra esposto lo scrivente progettista ritiene che la rotatoria proposta, con i criteri dimensionali adottati ed illustrati nelle relazioni e negli elaborati progettuali allegati, comporti condizioni di esercizio, in termini di funzionalità e sicurezza, più aderenti e coerenti al contesto territoriale in cui sarà inserita, con maggiore fluidità del traffico veicolare e ridottissimi tempi di attesa in coda per i veicoli in approccio all'intersezione.