

COMUNE DI PONTE DI PIAVE

Comune di Ponte di Piave

Provincia di Treviso

Regione Veneto

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UNA ROTATORIA NELL'INCROCIO TRA LA S.P. 117 VIA DELLA VITTORIA, VIA CHIODO E VIA RUSTIGNÈ

progetto architettonico
progetto strutturale

fattibilità tecnica ed economica
fattibilità tecnica ed economica

definitivo
definitivo

esecutivo
esecutivo

ED01

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

aggiornamento_
cod_

08.04.2024

collaboratori_Ing. Alessandro Ceotto
Arch. Damiano Vidotto

Responsabile del Procedimento
dott. Federico Tonel

progettisti
Ing. Fiorenzo Carniel

Arch. Susanna Maset

c/m
associati

STUDIO ASSOCIATO DI ARCHITETTURA CARNIEL E MASET
fiorenzo carniel ingegnere susanna maset architetto
via trieste, 20/a 31020 san vendemiano (tv) piva 04273530263

Il presente disegno è di nostra proprietà e non può essere riprodotto né consegnato a terzi senza ns. autorizzazione

INDICE

1. Premessa.....	3
2. Studi propedeutici al progetto di fattibilità tecnico-economica.....	3
3. Inquadramento territoriale	3
4. Disponibilità delle aree	4
5. Caratteristiche delle infrastrutture viarie esistenti	5
6. Volumi di traffico	6
7. Indagini geologiche e geotecniche	7
8. Impianti ed opere di proprietà di enti pubblici o privati.....	7
9. Compatibilità idraulica	7
10. Incidenza ambientale	8
11. Normativa di riferimento.....	8
12. Criteri generali di scelta del tracciato e delle opere	8
13. Piattaforma stradale.....	9
14. Descrizione del nuovo tracciato.....	10
15. Rotatoria.....	10
15.1 Tipologia e caratteristiche geometriche	10
15.2. Rotatoria: controllo deviazione delle traiettorie	12
15.3 Rotatoria: verifica raggi di svolta	14
15.4 Rotatoria: visibilità	14
15.5 Rotatoria: verifica del dimensionamento funzionale.....	16
16. Mobilità ciclopeditone: descrizione e accorgimenti progettuali	21
17. Pavimentazione stradale.....	22
17.1 Portanza del sottofondo nuovi tratti in progetto	23
17.2 Pavimentazione in ampliamento	24
17.3 Tratti con pavimentazione esistente.....	25
17.4 Percorsi ciclopeditoni	25
17.5 Calcolo della durata della sovrastruttura stradale in ampliamento.....	25
18. Illuminazione.....	31
19. Accessi.....	31
20. Segnaletica	32
21. Sottoservizi e studio delle interferenze	33
22. Analisi e risoluzioni delle interferenze.....	34
23. Cronoprogramma.....	35

24. Computo metrico estimativo	35
25. Sicurezza del cantiere.....	36
26. Quadro economico	36
27. Elenco elaborati del progetto	36

1. Premessa

Scopo della presente è la descrizione della progettazione di fattibilità tecnico-economica della nuova rotatoria sulla S.P. n. 117 "Abbazia" tra le chilometriche 8,6 e 8,8 lungo via della Vittoria nella Frazione di Levada in Comune di Ponte di Piave nella Provincia di Treviso.

Le opere previste rientrano all'interno degli interventi di messa in sicurezza e miglioramento dei livelli di servizio della rete viaria comunale che fa seguito alla realizzazione di percorso ciclopedonale lungo la provinciale direzione Busco.

Fanno altresì parte dell'intervento le lavorazioni volte alla mobilità dell'utenza debole, opere di sistemazione idraulica, delle reti tecnologiche e sistemazione delle aree verdi.

L'intervento in oggetto rappresenta dunque una componente importante della riqualificazione viaria dell'area, che unitamente al percorso ciclopedonale già realizzato riqualificherà in termini di sicurezza, livelli di servizio e ammodernamento tecnologico il tronco viario esistente.

L'intervento oggetto della presente ha come finalità principale, oltre al dare continuità alla rete per la mobilità debole comunale, quella di dare soluzione alla pericolosa intersezione tra la S.P. n. 117, via Chiodo e via Rustignè teatro nel tempo di numerosi sinistri, migliorandone i livelli di sicurezza ed i livelli di servizio.

2. Studi propedeutici al progetto di fattibilità tecnico-economica

Nella stesura del progetto di fattibilità tecnico-economica si è proceduto, in prima fase, alla raccolta dei dati e degli elementi necessari alla formazione del quadro di riferimento, e, nella fase successiva, alla formulazione di una proposta di intervento.

Le fasi propedeutiche seguite vengono schematicamente qui riportate:

- ricognizione delle aree di intervento e sopralluogo con documentazione fotografica;
- rilievo celerimetrico dell'area oggetto dell'intervento;
- analisi delle caratteristiche geologiche, geotecniche e idrauliche del sito;
- acquisizione degli strumenti di pianificazione a livello provinciale e comunale (Piano degli Interventi e Piano di Assetto del Territorio del Comune di Ponte di Piave);
- acquisizione di dati disponibili da studi specialistici, con specifico riferimento ai flussi di traffico presenti sugli itinerari allo studio;
- analisi tecnico - funzionale della rete viaria esistente;
- incontri diretti con gli uffici tecnici degli Enti interessati per la verifica puntuale dei vincoli esistenti e degli indirizzi di programmazione territoriale;
- acquisizione dei dati relativi ai sottoservizi presenti;
- confronto con stato di fatto e interventi nell'area in programma.

3. Inquadramento territoriale

L'area di progetto è collocata nella parte orientale della Provincia di Treviso, in sinistra Piave.

L'intervento coinvolge il solo territorio comunale di Ponte di Piave, nella parte nord-est in frazione di Levada. La morfologia del territorio è quella tipica della bassa pianura, caratterizzata da lineamenti dolci ed uniformi il cui aspetto morfologico è stato in gran parte modificato dall'intenso sfruttamento agricolo del suolo e dall'intensa urbanizzazione conseguente all'espansione dei centri abitati con edificazione lungo la viabilità.

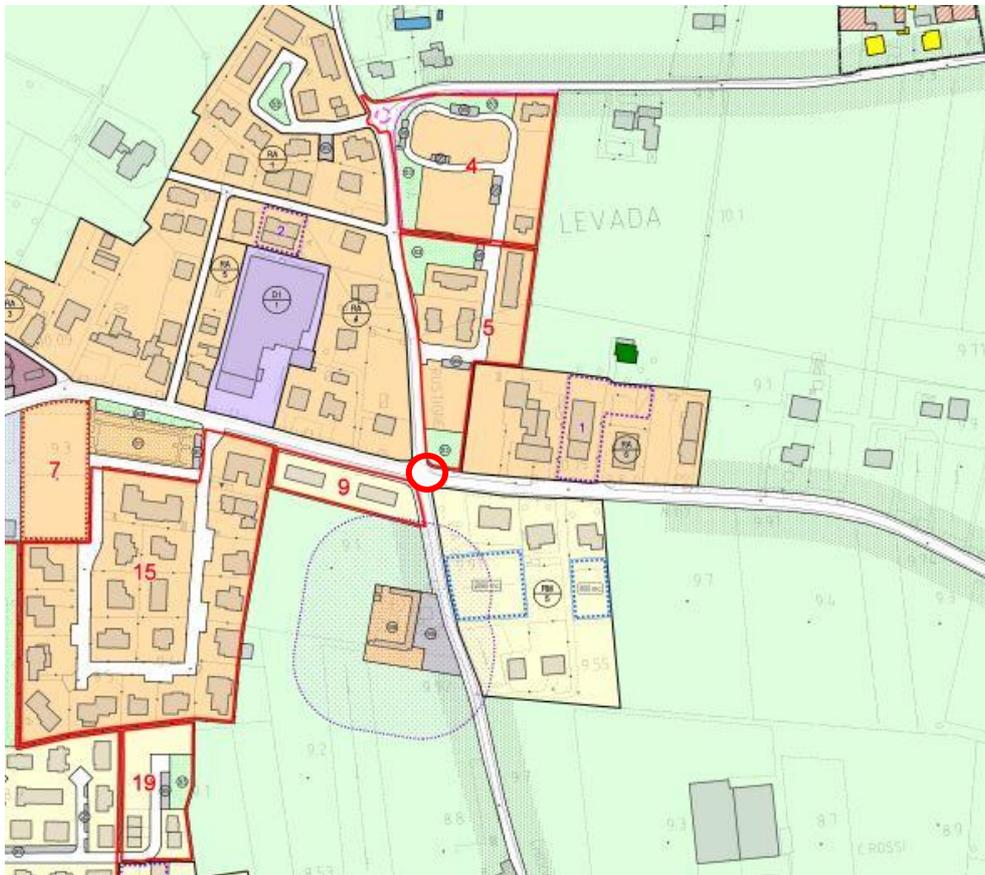
L'intervento antropico ha comportato, in particolare, l'edificazione generalizzata del territorio, la pavimentazione di ampie superfici e la canalizzazione dei corsi d'acqua.

Il sito rientra, come citato, in un contesto di pianura con quota media assoluta che varia attorno ai 9-10 m s.l.m..

La zona in oggetto ricade, per la parte esterna alla viabilità, in Z.T.O. "RA – Tessuto residenziale alto" normate all'art. 5 delle Norme Tecniche Operative, in Z.T.O. "RM – Tessuto residenziale medio" normate all'art. 5 delle N.T.O. e in Z.T.O. "Sc – Aree a parco e per il gioco e lo sport – 83 giardino pubblico di quartiere" normate all'art. 7 delle N.T.O..

La zona inoltre, dall'analisi degli strumenti urbanistici comunali e sovracomunali, non è interessata da nessun ambito di tutela e/o vincolo. In allegato, Elaborato ED15, è stata prodotta Relazione tecnica di non necessità della procedura di valutazione di incidenza.

L'intervento di progetto pertanto coerente con le previsioni della pianificazione urbanistica.



Estratto elaborato 1.11 del Piano degli Interventi del Comune di Ponte di Piave

4. Disponibilità delle aree

Le aree di intervento sono nella disponibilità del Comune di Ponte di Piave e del Demanio. Per i dettagli si rimanda all'Elaborato ED16 allegato.

5. Caratteristiche delle infrastrutture viarie esistenti

La S.P. n. 117 si dirama dalla S.R. 53 "Postumia" e dopo ca. 3,25 km si immette sulla S.P. n. 133 "Talponada" costituendo uno dei possibili itinerari per tutti quegli utenti che dalla media sinistra Piave desiderano recarsi nell'alto veneziano.

Dal punto di vista della classificazione funzionale secondo lo stradario della Provincia di Treviso di cui si riporta estratto di cartografia la provinciale è catalogata come strada di tipo F di ambito urbano. L'ambito di classificazione è stato stabilito con Determina Dirigenziale n. 317 del 17.02.2017.



Estratto stradario della Provincia di Treviso

Il disegno dell'attuale via risale ad anni orsono e nel tempo gli unici interventi effettuati sono stati di ordinaria manutenzione.

Tra le caratteristiche salienti derivanti dall'analisi dello stato di fatto è emersa principalmente la geometria inadeguata a garantire le condizioni di sicurezza in corrispondenza dell'intersezione. Il nodo, che nel tempo è stato interessato da diversi sinistri stradali, è costituito da un'intersezione a raso a 4 bracci con diritto di precedenza per la provinciale.

In particolare, le manovre di svolta sono caratterizzate da livelli di sicurezza inadeguati presentando condizioni di visibilità non ottimali e condizionano il livello di servizio della strada provinciale.

Per quanto riguarda le dimensioni e la composizione delle piattaforme stradali, la provinciale in corrispondenza dell'intersezione allo stato attuale presenta una sezione stradale, rilevata in sito, così costituita: la carreggiata è costituita da due corsie di ca. 3,00 m e banchina pavimentata di larghezza variabile in destra ed in sinistra. Provenendo da Levada direzione Busco prima dell'intersezione sono presenti percorsi per l'utenza debole in destra (percorso ciclopedonale con separazione a verde) e sinistra (marciapiede) mentre oltrepassata l'intersezione è presente

solamente un marciapiede in sinistra con sviluppo di ca. 20 m privo di prosecuzione. Dal lato destro a valle dell'incrocio direzione Busco è presente fosso di guardia.

Via Chiodo e via Rustignè sono entrambe strade locali che presentano carreggiata con due corsie di larghezza di ca. 2,25 m e banchina variabile in destra e sinistra. In prossimità dell'immissione nella provinciale entrambe le strade presentano un allargamento. Via Rustignè vede sul lato sinistro direzione intersezione un marciapiede mentre via Chiodo vede la prosecuzione del percorso ciclopedonale del lato destro della provinciale prima menzionato fino al locale cimitero. Entrambe le vie dai lati opposti a quelli pavimentati presentano fossi di guardia.

Dal punto di vista altimetrico la S.P. n. 117 vede pendenza a scendere verso Busco dello 0,25% con le due strade comunali che si innestano che vedono pendenza a salire verso l'arteria stradale provinciale, in modo più marcato per via Chiodo.

Le scelte progettuali adottate e nel seguito descritte consentiranno di dare soluzione alle problematiche legate alla sicurezza viaria presenti da anni, consentiranno il miglioramento dei livelli di servizio della rete viaria e permetteranno lo sviluppo dei percorsi destinati alla mobilità debole.



Ortofoto dell'attuale intersezione

6. Volumi di traffico

Sul tracciato della Provinciale gravitano quotidianamente gli utenti che trovano un percorso meno trafficato per recarsi dalla media sinistra Piave all'alto veneziano e viceversa. Il traffico è perlopiù di natura locale e concentrato negli orari di inizio e fine giornata lavorativamente. Non disponendo di dati ufficiali di rilevamento del traffico essendo la S.P. n. 117 non mappata dall'Ente vengono presi a riferimento le portate di servizio previste dal D.M. 05.11.2001 per la tipologia di strada, F, ovvero un numero di 450 veicoli eq./ora per corsia. Il dato appare sicuramente a favore di sicurezza.

Per via Chiodo e via Rustignè viene stimato cautelativamente un numero di 200 veicoli eq./ora.

7. Indagini geologiche e geotecniche

L'ufficio tecnico comunale ha fornito informazioni nel merito delle caratteristiche geologiche, geotecniche e idrologiche ricavate da recenti indagini in siti contigui all'area di progetto, le quali confermano i dati degli strumenti urbanistici vigenti.

Stante la contiguità di tali indagini all'area interessata dalla rotatoria in progetto si è ritenuto di estendere i risultati delle recenti indagini all'area di intervento ai sensi del parere espresso dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 183 del 13.04.1989.

Si riportano le caratteristiche geologiche e idrologiche salienti dell'area:

- la situazione stratigrafica dell'area può essere riassunta come una successione di litotipi a granulometria fine, argille limose, limi argillosi e strati sabbiosi. Sono stati individuati diversi banchi sabbiosi, quello maggiormente compatto è presente attorno alla profondità di circa 5 m;
- la falda è stata misurata nei fori praticati dall'esecuzione delle prove alla profondità di 2,50 m dal piano di campagna attuale.

Si rimanda all'elaborato ED03 per maggiori dettagli.

8. Impianti ed opere di proprietà di enti pubblici o privati

Il sito oggetto di intervento è interessato dalla presenza di reti sia interrate che aeree e da opere d'arte ad essi asservite. Tali aspetti verranno approfonditi in seguito nel paragrafo dedicato all'analisi delle reti e delle interferenze.

9. Compatibilità idraulica

L'area oggetto di intervento è stata oggetto di valutazione di compatibilità idraulica cui si rimanda, Elaborato ED04, con parere favorevole 98085 PB/LP/PP/TF/cf da parte del Consorzio Piave.

Tenuto conto che l'opera su cui ha espresso parere il Consorzio, prevista originariamente, presentava caratteristiche dimensionali molto maggiori rispetto alla soluzione progettuale ivi presentata si ritiene, tenuto conto che la nuova superficie impermeabilizzata è inferiore a 200 mq pertanto trattasi di trascurabile impermeabilizzazione potenziale per cui non serve produrre valutazione di compatibilità idraulica e che è previsto il solo tombamento di un tratto di 22 m già autorizzato con il Parere di cui sopra di non realizzare il bacino di laminazione previsto ma semplicemente di adottare buoni criteri costruttivi in accordo alla D.g.r. n. 2948 del 06.10.2009.

Verrà realizzato tombamento di fosso a cielo libero lato destro prima dell'intersezione direzione Levada per una lunghezza di ca. 22 m con tubazione in cls DN 500 mm raccordato a tombamento esistente mediante pozzetti 80 x 80 cm. È previsto il rifacimento della rete di raccolta e recapito delle acque meteoriche per adattarsi alla nuova geometria prevista mediante posa di pozzetti di raccolta 50 x 50 cm e pozzetti di raccordo collegati da tubazioni in PVC-U SN8 come da elaborati grafici allegati.

10. Incidenza ambientale

Allegata alla presente. Elaborato ED15, è stata prodotta Dichiarazione di non assoggettabilità a Valutazione di Incidenza Ambientale, dove con relazione tecnica è stata dimostrata l'assenza di possibili incidenze ambientali significative in accordo a quanto stabilito al punto numero 23 dell'elenco puntato presente al paragrafo 2.2. del D.G.R. 1400/2017.

11. Normativa di riferimento

Nel corso della progettazione della nuova viabilità è stato fatto riferimento alla normativa tecnica esistente in materia.

Nel seguito si elencano i principali strumenti normativi utilizzati:

- D.Lgs. 30.04.1992, n. 285 “Nuovo Codice della Strada” e ss.mm.ii.;
- D.P.R. 16.12.1992, n. 495 “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada” e ss.mm.ii.;
- Legge 01.08.2002, n. 166 “Disposizione in materia di infrastrutture e trasporti” e ss.mm.ii.;
- D.M. del 05.11.2001 – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” e ss.mm.ii.;
- Bollettino Ufficiale CNR del 15.09.1995 m. 178, parte IV, Norme Tecniche: “Catalogo delle pavimentazioni stradali”;
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Ispettorato generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale – Studio a carattere prenormativo: “Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali” – 10.09.2001;
- D.M. 19.04.2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”.
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P)
- D.P.R del 24.07.1996, n. 503 – “Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici”;
- D.M. del 14.06.1989, n. 236 – “Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche”;
- D.M. del 30.11.1999, n. 557 - “Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili”;
- AASHTO - Guide for Design of Pavement Structure, 1993;
- AASHTO T274-82 - Resilient modulus of subgrade soils, 1982;
- Norma UNI 11531-1:2014: Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali;
- Roundabouts: An Informational Guide – Second Edition NCHRP Report 672.

12. Criteri generali di scelta del tracciato e delle opere

L'individuazione della soluzione ottimale derivante dall'analisi dei dati sullo stato di fatto e dal confronto con le autorità locali e private interessate ha portato a delineare le caratteristiche della soluzione progettuale in seguito illustrate.

Il progetto prevede la realizzazione di una rotatoria a 4 braccia e di un percorso ciclopedonale in continuità a quello da poco realizzato che permetterà il completamento del percorso riservato all'utenza debole verso il centro abitato di Levada ed il raccordo al marciapiede di via Rustignè.

Nella progettazione sono state anche attentamente valutate le infrastrutture tecniche già presenti ed il loro possibile sviluppo e/o ammodernamento.

Per quanto riguarda la pubblica illuminazione, viene prospettata una soluzione in grado di offrire un illuminamento adeguato a fornire i migliori livelli di sicurezza sia delle vie carrabili che dei percorsi ciclopedonali, tenendo in considerazione le più moderne tecnologie per l'efficientamento dei consumi.

Dal punto di vista ambientale, l'ipotesi progettuale non altera in alcun modo l'attuale qualità ambientale e paesaggistica del contesto territoriale in quanto l'intervento è compatibile con le prescrizioni urbanistiche e non è necessario prevedere misure di compensazione ambientale. Si prevede che la realizzazione delle opere non produrrà effetti negativi, ma anzi sarà di aiuto allo scorrimento del traffico veicolare, determinando una riduzione delle emissioni.

Alla luce della viabilità attuale e di quella in previsione futura la soluzione prescelta appare la migliore per i seguenti motivi:

- aumenta notevolmente le condizioni di sicurezza riducendo i punti di conflitto e le conseguenze di eventuali impatti, in particolare riduce sensibilmente il rischio derivante dalle attuali manovre di svolta;
- garantisce un miglioramento del flusso viario;
- riduce i costi di gestione;
- riduce le emissioni ed il consumo di carburante in quanto si prevede che la realizzazione delle opere sarà di aiuto allo scorrimento del traffico veicolare ed incentiverà la mobilità debole, determinando dunque una riduzione delle emissioni;
- garantisce un incentivo alla mobilità ciclopedonale ed un collegamento sicuro al resto della rete comunale;
- permette un riassetto migliore delle condizioni idrauliche dell'area.

Le caratteristiche della rotatoria e del percorso ciclopedonale in progetto verranno in seguito illustrati e trovano rappresentazione negli elaborati grafici, analogamente ad altri dettagli riguardanti aspetti geometrici e funzionali.

13. Piattaforma stradale

Per il dimensionamento della piattaforma stradale si è fatto riferimento alle sezioni tipologiche riportate nel D.M. 05.11.2001, in accordo con l'Ente, derogando in alcuni punti in virtù dei vincoli esistenti senza tuttavia pregiudicare le prestazioni prefissate in fase progettuale.

I tratti di strada di raccordo con la nuova rotatoria subiranno minime modifiche per collegarsi alla nuova opera garantendo sempre comunque una dimensione della piattaforma stradale non inferiore allo stato di fatto. Le banchine di destra avranno ovunque dimensione di almeno 50 cm.

La piattaforma in corrispondenza della rotatoria verrà analizzata nel paragrafo dedicato parimenti le caratteristiche di percorso ciclopedonale e marciapiede.

Il quaderno delle sezioni è riportato nelle tavole grafiche allegate.

14. Descrizione del nuovo tracciato

Le opere in progetto possono, come già accennato, essere suddivise essenzialmente nei seguenti punti:

- la nuova rotatoria a 4 braccia ed i relativi raccordi;
- il percorso ciclopedonale ed il marciapiede.

L'arteria stradale provinciale dal punto di vista della classificazione funzionale è catalogata come strada di tipo F di ambito urbano come stabilito con Determina Dirigenziale n. 317 del 17.02.2017. Le strade comunali possono essere classificate anch'esse come di tipo F di ambito urbano.

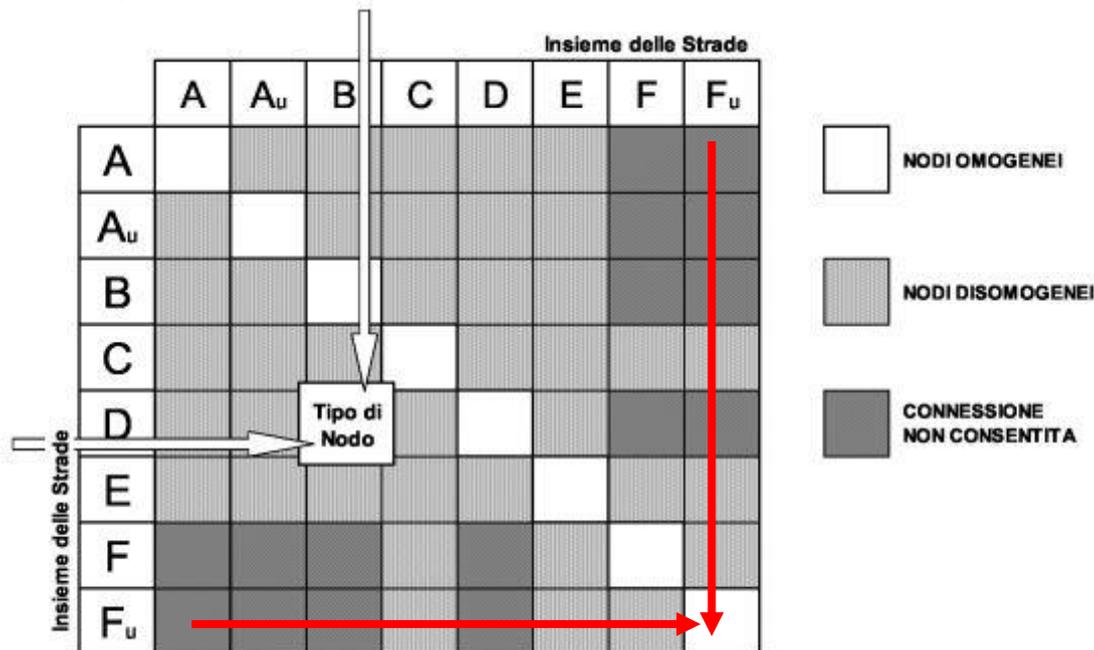
L'andamento piano altimetrico e le caratteristiche dei vari tronchi stradali e dell'intersezione in progetto nonché dei percorsi ciclopedonali sono specificati dettagliatamente nel seguito e rappresentati graficamente nelle tavole allegate.

L'intervallo di velocità di progetto è compreso tra 25 km/h e 60 km/h.

15. Rotatoria

15.1 Tipologia e caratteristiche geometriche

L'intersezione a raso di progetto è costituita da una rotatoria circolare a 4 braccia, catalogabile come "mini rotatoria". I tronchi stradali esistenti confluenti nel nodo in progetto sono costituiti da una strada provinciale di categoria F urbano e 2 strade comunali di categoria F urbano. Sulla base della matrice simmetrica (8x8) presente nel D.M. 19.04.2006 i nodi di intersezione disomogenei che formano l'intersezione in progetto risultano consentiti. Trattandosi di intersezione a rotatoria i punti di intersezione sono eliminati e la circolazione è regolata dalla disciplina della priorità all'anello.



Matrice simbolica di rappresentazione di tutti i possibili nodi d'intersezione.

Lungo gli apprestamenti per le manovre di entrata ed uscita non sono in progetto passi carrabili, aree di sosta, fermate veicolari ed altre consimili funzioni. I rami di interconnessione che realizzano le svolte non presentano pendenze aggiuntive longitudinali superiori del 2% rispetto alle livellette delle strade confluenti nell'intersezione a raso in progetto.

Le 4 braccia della rotatoria in progetto presentano tutti un allargamento in corrispondenza delle immissioni. Gli assi delle arterie afferenti al nodo passano per il centro dell'isola centrale, tutt'al più con una leggera eccentricità sulla sinistra, mai sulla destra.

La velocità massima di ingresso in rotatoria, funzione delle vie confluenti, in particolare dei rami della provinciale, è di 50 km/h, velocità come si vedrà rispettata con la configurazione dei raggi di deflessione utilizzati.

La scelta della geometria esposta è stata effettuata sulla base della deflessione e sulle verifiche relative alle distanze di visibilità che si riporteranno nel seguito.

Le caratteristiche geometriche dell'intersezione a rotatoria in progetto, riportate graficamente nella Tavole allegate, sono le seguenti:

- diametro della circonferenza esterna: 16,00 m;
- raggio isola circolare centrale: 1,5 m;
- larghezza corsia nella corona rotatoria (ingressi ad una corsia): 6,00 m uniforme, più larga del 20 % della entrata più larga;
- larghezza banchina esterna e interna anello giratorio: 0,75 m e 0,50 m interna;
- larghezza carreggiata nell'anello: 6,50 m;
- pendenza trasversale anello: non costante lungo la circonferenza per la gestione delle acque meteoriche;
- larghezza bracci di ingresso: carreggiata di 3,75 m per la provinciale, 3,25 m per le strade comunali;
- larghezza bracci di uscita: 4,00 m per la provinciale, 3,25 m per le strade comunali;
- raggi d'entrata alla rotatoria:
 - i raggi d'entrata R_{e2} sono compresi tra 13 m e 17 m (via Chiodo per adeguarsi allo stato di fatto). I valori sono coerenti con le indicazioni di varie normative internazionali (Svizzera, Francese);
 - i raggi di allacciamento delle corsie d'entrata R_{e1} sono variabili in funzione dei raggi R_{e2} e per adattarsi ai vincoli imposti dallo stato di fatto. I valori sono coerenti con le indicazioni di varie normative internazionali (Svizzera, Francese) risultando all'incirca 5 volte maggiori dei raggi R_{e2} ;
- raggi d'uscita dalla rotatoria:
 - i raggi d'entrata R_{a2} sono tutti compresi tra 15 m e 16 m salvo che il raggio per svoltare in via Chiodo che è di 11 m in virtù dei vincoli imposti dallo stato di fatto dei luoghi. I valori sono coerenti con le indicazioni di varie normative internazionali (Svizzera, Francese) risultando maggiori del raggio della circonferenza esterna della rotatoria e compresi nei limiti internazionalmente suggeriti;
 - i raggi di allacciamento delle corsie d'uscita R_{a1} sono tutti compresi tra 70 m e 80 m salvo che il raggio per svoltare in via Chiodo in virtù dei vincoli imposti dallo stato di fatto dei luoghi. I valori sono coerenti con le indicazioni di varie normative internazionali (Svizzera, Francese) risultando all'incirca 4 volte maggiori dei raggi R_{a1} e compresi nei limiti internazionalmente suggeriti;

Tali geometrie, come verrà trattato più dettagliatamente nel seguito, consentono velocità nell'anello ridotte allo scopo di garantire un'adeguata sicurezza della circolazione a tutte le tipologie di utenti della strada ed una migliore protezione degli utenti "deboli", senza tuttavia

pregiudicare il flusso veicolare. La sistemazione dell'isola centrale leggermente sopraelevata garantirà avvertimento visivo e vibrazionale all'utenza. La visibilità sopra l'isola centrale potrà essere ridotta tramite piante e arredi tenendo in considerazione le verifiche di visibilità descritte nel seguito.

Ogni braccio è dotato di isole direzionali di forma fundamentalmente triangolare atte a guidare meglio il traffico tangenzialmente alla corrente giratoria sia in uscita sia, maggiormente, in entrata. Le isole hanno lati curvi per accompagnare da un lato la curvatura dell'isola centrale, e dagli altri due lati le curvature degli inviti di ingresso e di uscita di ogni ramo stradale confluyente nella rotatoria.

Tutte le isole avranno superficie che si estende per una lunghezza circa 1,5 volte superiore al fronte. Ogni isola è prevista sgombra da qualunque oggetto, elementi d'arredo o segnaletica superflua, che possa costituire un ostacolo alla visuale degli utenti.

Tutte le isole divisionali sono state dimensionate, partendo dal posizionamento del cosiddetto "triangolo di costruzione". Per i particolari geometrici relativi alle isole divisionali si rimanda alle tavole grafiche allegate.

L'attraversamento pedonale previsto, via Rustignè, dista più 5 m dal bordo dell'anello garantendo il passaggio dietro la prima macchina in sosta.

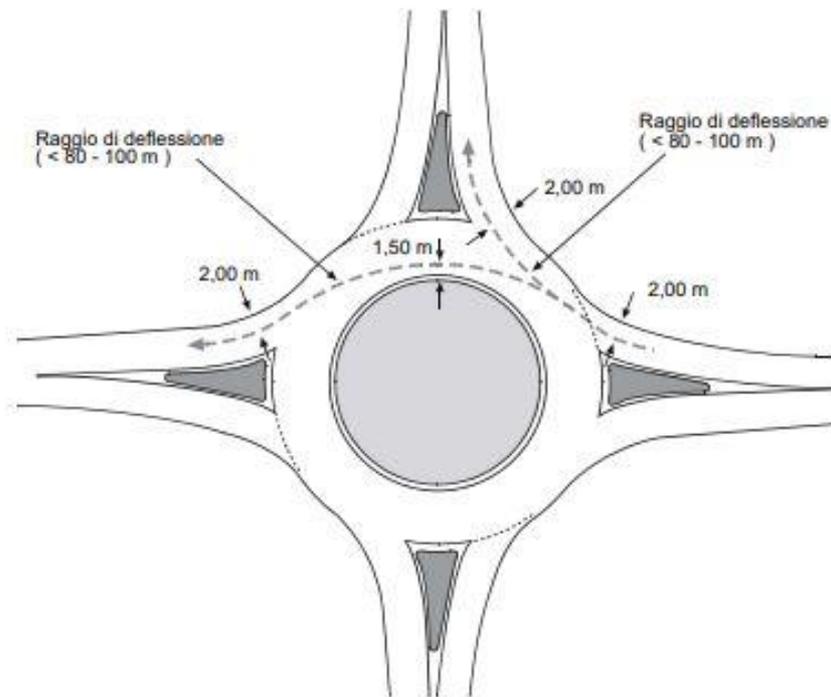
15.2. Rotatoria: controllo deviazione delle traiettorie

Nel progettare la rotatoria si è proceduto tenendo in considerazione, insieme alle verifiche di visibilità, il controllo della deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo, ed in particolare le traiettorie che interessano due rami opposti o adiacenti rispetto all'isola centrale.

Si omette la verifica degli angoli di deviazione β , valutazione citata in normativa non cogente. Gli angoli risultano comunque inferiori a 45° .

Si effettua invece la verifica sulla deflessione delle traiettorie anch'essa parametro utile a valutare il grado di sicurezza della rotatoria data l'influenza che tale dato ha sul controllo della velocità dei veicoli in entrata. Un valore ridotto del raggio di curvatura impone infatti ai conducenti di tenere velocità basse, aspetto che sicuramente giova alla sicurezza. Si valutano tutte le isole come non sormontabili.

Tutti i raggi di deflessione, che geometricamente sono il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita, siano esse adiacenti od opposte, risultano tutt'al più di 47 m ad esclusione del raggio Busco – Levada della provinciale che risulta di 89 m. Per le manovre di svolta a destra invece tutti i raggi di deflessione risultano inferiori a 10 m. A seguire verrà verificato che le velocità inerenti alle traiettorie più tese non risultano mai superiori ai 50 km/h.



Raggio di deflessione

Nonostante l'angolo di deviazione β risulti minore di 45° il raggio di deflessione risulta per tutte le manovre inferiore ai 100 m, quindi si ritiene la geometria adeguata a soddisfare gli obiettivi prefissati in termini di velocità. Le verifiche ora citate sono espresse graficamente nelle tavole grafiche allegate.

Relativamente alle velocità di progetto si osserva dapprima che conformemente alle indicazioni della "guida informativa sulle rotonde" della Federal Highway Administration (FHWA), la massima velocità di ingresso raccomandata per una rotonda con le caratteristiche di quella in oggetto è compreso nell'intervallo 40 - 50 km/h.

La determinazione della velocità caratteristica all'interno della corona giratoria avviene proprio tramite la determinazione della "Traiettoria percorribile più velocemente" detta per l'appunto anche deflessione. Questa traiettoria è quella più scorrevole valutata, per il singolo veicolo, in assenza di traffico e non considerando la segnaletica.

La velocità di progetto all'interno della corona giratoria può essere quantificata mediante la seguente espressione, riportata anche nel documento AASHTO "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets":

$$V_p = [R \times 127 \times (i_t + f_t)]^{1/2}$$

dove R è il raggio più piccolo associato alla traiettoria percorribile a velocità maggiore e che coincide con il raggio di deflessione, i_t la pendenza trasversale, mentre f_t è coefficiente di aderenza trasversale.

Nel caso in oggetto si prende in esame come più veloce percorso consentito dalla geometria quello Busco - Levada lungo la provinciale il quale presenta un raggio di deflessione di 89 m e

per cui si assume un coefficiente di aderenza trasversale f_t di 0,21 e una pendenza trasversale i_t pari all'1,2%.

Pertanto la velocità massima di un veicolo nella rotatoria risulta:

$$V_p = [89 \times 127 \times (0,012 + 0,21)]^{1/2} = 50,1 \text{ km/h}$$

Tutti gli altri percorsi in attraversamento risultano avere velocità inferiori a quella testé calcolata.

Valutando invece il percorso che dalla provinciale provenienza Busco continua su via Chiodo, ovvero manovra di svolta a sinistra che ha la velocità di circolazione più bassa, dall'equazione di equilibrio del veicolo in curva la velocità risulta di 18,9 km/h.

La differenza di velocità fra flusso in ingresso e in circolazione nel caso specifico è pertanto:

$$\Delta v = V_i - V_{cmin} = 50,1 - 18,9 = 31,2 \text{ km/h}$$

che risulta superiore a 20 km/h come da buona norma.

La velocità di progetto della rotatoria viene assunta pari a 35 km/h.

15.3 Rotatoria: verifica raggi di svolta

Le rotatorie devono consentire il transito di qualunque veicolo. Nel Nuovo codice della strada oltre alla definizione di sagoma limite (art. 61), ossia le dimensioni massime che tutti i veicoli devono rispettare per poter circolare, vi è quella di fascia d'ingombro per l'inscrivibilità in curva dei veicoli. In particolare l'art. 217 del Regolamento di Attuazione definisce che: "ogni veicolo a motore, o complesso di veicoli, compreso il relativo carico, deve potersi inscrivere in una corona circolare (fascia d'ingombro) di raggio esterno 12,50 m e raggio interno 5,30 m".

Tale articolo determina le condizioni di massimo ingombro dei veicoli che percorrono una curva e di conseguenza le dimensioni geometriche di riferimento per il calcolo del raggio minimo della rotatoria e della larghezza dell'anello. È da notare che questi limiti costituiscono dei valori minimi, che comportano una manovra piuttosto difficoltosa da parte dei mezzi pesanti. Di conseguenza per agevolare la svolta di questi mezzi la letteratura raccomanda raggi interni superiori a 10 - 12 ml.

Per determinare la larghezza della fascia d'ingombro per raggi interni superiori a 5,30 ml si prendono in esame due tipologie di veicoli:

- autobus lungo 12,0 m (lunghezza massima consentita dal Codice della strada per i veicoli isolati, ossia senza rimorchio) caratterizzato dalle seguenti dimensioni geometriche: sbalzo anteriore 2,70 m;
- autoarticolato di dimensioni massime consentite a circolare;

Si rimanda alle tavole grafiche allegate per le verifiche.

15.4 Rotatoria: visibilità

Per la verifica dell'adeguatezza delle visuali offerte dalla una rotatoria si utilizzano 5 criteri di visibilità, ricordando che gli elementi discontinui, come gli alberi ed i pali sia dell'illuminazione che della segnaletica, non sono considerati ostacoli visivi se hanno una larghezza in orizzontale inferiore a 0,80 m.

Critério della visibilità per l'arresto sul ramo d'ingresso: tale criterio impone la necessità di garantire uno spazio adeguato, libero da qualunque impedimento visivo, tra il veicolo in approccio all'intersezione e la linea del "dare precedenza" per consentire l'arresto del veicolo. Tale spazio, definito come distanza di visibilità per l'arresto, è formato dal contributo di due termini: uno legato al tempo di reazione psico-tecnico del guidatore e l'altro allo spazio di frenatura del veicolo; entrambi i termini dipendono dalla velocità di avvicinamento del veicolo. Nei rami in cui prima della linea d'arresto dovesse essere inserito un attraversamento pedonale, la distanza di visibilità dovrà essere calcolata con riferimento a quest'ultimo.

Sui due rami della provinciale, supposta cautelativamente una velocità massima degli utenti sul ramo di ingresso di 50 km/h, la distanza di visibilità in questione è stata calcolata con la seguente relazione:

$$d = V t + [V^2 / (2g \times (f_e \pm i))] = 13,89 \times 2,38 + [13,89^2 / 2 \times 9,81 \times (0,48 - 0,005)] = 53,76 \text{ m}$$

dove si è assunto una velocità V pari a 11,66 m/s, un tempo di reazione t di 2,38 s, un coefficiente di aderenza equivalente f_e pari a 0,48 m/s² ed una pendenza cautelativamente di - 0,5%. Si è assunta un'altezza dell'occhio del conducente pari a 1080 mm e un'altezza di oggetto pari a 60 cm.

Sugli altri rami, si omette tale verifica data la velocità inferiore dei veicoli in ingresso all'intersezione.

Tale criterio risulta verificato.

Critério della visibilità a sinistra: oltre a garantire la visibilità per l'arresto del veicolo prima della linea del "dare precedenza" (o dell'attraversamento pedonale, se presente), è importante che i conducenti prossimi all'immissione in rotatoria abbiano una visibilità sufficiente dei veicoli all'interno della stessa per modificare la propria velocità e quindi cedere il passaggio o immettersi nell'anello. La modalità di verifica di tale criterio si effettua ponendo il punto di osservazione dell'utente in ingresso ad una distanza di 15 m dalla linea di "dare la precedenza" coincidente con il bordo della circonferenza esterna e la posizione planimetrica del veicolo in immissione va posizionata sulla mezziera della corsia di entrata in rotatoria (a una distanza minima di 1,5 ml dal bordo laterale della carreggiata) con l'altezza d'osservazione a 1,00 m, dal piano viabile. Sotto queste ipotesi s'individua la zona di cui è necessaria la completa visibilità che corrisponde al quarto di corona giratoria posto alla sinistra del ramo d'ingresso, con l'aggiunta dell'area posta al di sotto dello stesso delimitata dalla retta che passa per il punto di osservazione, è tangente al cerchio esterno e interseca il prolungamento del raggio della rotatoria delimitante superiormente il quarto di corona giratoria.

La verifica risulta positiva per tutti i bracci dell'intersezione.

Critério della visibilità per i veicoli in circolo: un'ulteriore visuale libera da garantire è quella relativa ai veicoli che percorrono la rotatoria. La posizione planimetrica del veicolo è a 2,00 m dal bordo interno dell'isola centrale. La quota del punto di vista è a 1,10 m e l'oggetto da rilevare a una quota di 0,10 m poiché, in questo caso, è necessario rilevare qualsiasi ostacolo presente sull'anello. Per il calcolo di tale distanza si utilizza il procedimento già esplicitato con una velocità, a favore di sicurezza, di 25 km/h. Pertanto:

$$d = V t + [V^2 / 2g \times (f_e \pm i)] = 6,94 \times 2,5 + [6,94^2 / 2 \times 9,81 \times (0,51 - 0,015)] = 22,31 \text{ m}$$

Sulla base di tale verifica l'aiuola centrale può essere occupata per uno spazio circolare dal centro di al massimo di 1,0 m.

Critério di visibilità veicolo-pedone: gli attraversamenti pedonali previsti, descritti in seguito, risultano visibili ai veicoli circolanti nell'anello e a coloro che si devono immettere in rotatoria provenienti dal ramo immediatamente a sinistra dell'attraversamento. L'area che deve risultare libera da ogni ostacolo è individuata dal triangolo avente come lati il segmento pari alla larghezza della corsia di uscita della rotatoria in corrispondenza dell'attraversamento pedonale, la congiungente tra il veicolo in ingresso sul ramo in destra e l'attraversamento pedonale di lunghezza pari alla distanza di arresto. Considerando una velocità di 50 km/h lungo la provinciale e di 25 km/h sull'anello mentre una velocità di 30 km/h per gli altri due bracci il terzo lato si ottiene per costruzione geometrica. Tale verifica viene effettuata solo per i bracci che ospitano l'attraversamento pedonale o ciclabile, nella fattispecie pertanto solo il braccio di via Rustignè. Sulla base di tali considerazioni la velocità più restrittiva è quella dei veicoli provenienti da via Rustignè assunta pari a 30 km/h, che implica una distanza di visibilità veicolo-pedone di 27,97 m.

Critério di visibilità pedone-veicolo: la zona libera di ostacoli è individuata ponendo un pedone in attraversamento e considerando una distanza pedone-veicolo calcolata con la seguente relazione:

$$D_p = (V / V_p) * L_p$$

dove V è la velocità degli utenti in circolo o sul ramo immediatamente a sinistra dell'attraversamento considerato, V_p la velocità di attraversamento dei pedoni pari a 3.6 km/h, L_p la lunghezza dell'attraversamento pedonale.

Considerando le velocità come esposto in precedenza, anche in questo caso la più limitante è di 30 km/h, ed una lunghezza degli attraversamenti di 4,00 m la distanza libera di ostacoli risulta di 34 m.

Considerazioni: dall'analisi dei risultati emerge come l'isola centrale non può essere occupata con elementi che inficiano la visuale. Nelle tavole grafiche allegate sono riportate le verifiche effettuate e sopra richiamate.

15.5 Rotatoria: verifica del dimensionamento funzionale

Gli elementi ed i parametri da determinare in funzione della domanda di traffico, riferita al periodo di punta di progetto, sono: la capacità della rotatoria ed il livello di servizio della soluzione adottata. Si intende per livello di servizio una misura della qualità della circolazione in corrispondenza di un flusso assegnato. Per qualità della circolazione si intendono gli oneri sopportati dagli utenti, i quali consistono prevalentemente nei costi monetari del viaggio, nel tempo speso, nello stress fisico e psicologico.

La scelta del livello di servizio dipende dalle funzioni assegnate alla strada nell'ambito della rete e dall'ambito territoriale in cui essa viene a trovarsi. Il livello di servizio dell'intersezione non dovrà essere inferiore a quello prescritto dal D.M. 05.11.2001 per il tipo di strade confluenti nel nodo. Nel caso in esame il livello di servizio dell'intersezione a rotatoria deve risultare almeno F secondo la normativa.

Generalmente il termine capacità si riferisce alla capacità di una singola entrata, definita come il minimo valore di flusso sul ramo di ingresso che comporta la presenza costante di veicoli in attesa di immettersi nell'anello. Dal valore di capacità di una singola entrata si può poi ricavare poi la capacità semplice e la capacità totale, riferite questa volta a tutta l'intersezione a rotatoria. La capacità semplice è la somma dei flussi di traffico in entrata da ciascun ramo quando uno di essi risulta in condizioni di saturazione.

La capacità totale è la somma dei flussi di traffico in entrata da ciascun ramo quando tutte le entrate si trovano in condizioni di saturazione in contemporanea. La capacità indica quanti veicoli transitano nell'unità di tempo: si adotta la notazione Q_e per la capacità espressa in veicoli/ora, parametro scelto in luogo della capacità in veicoli/secondo.

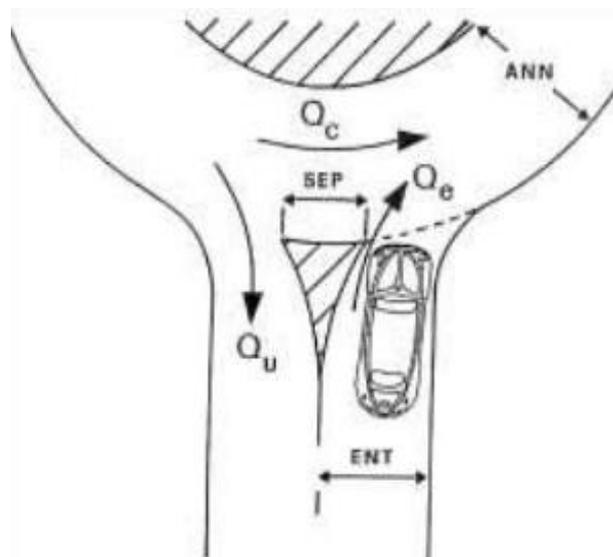
Per il calcolo della capacità si sceglie di utilizzare il modello francese SETRA che risulta adatto per il calcolo della capacità di una rotatoria in ambito extraurbano. Tale metodo ha il pregio di fornire, oltre al valore della capacità, anche altri elementi utili per la conoscenza del livello di servizio di una rotatoria. Inoltre, tale metodologia ha la qualità di considerare come flusso di disturbo, nella valutazione del livello di servizio di un ramo di una rotatoria, non solo quello in transito nell'anello della rotatoria davanti al ramo sottoposto a valutazione, ma anche quello che abbandona la rotatoria uscendo dal braccio preso in considerazione, situazione più realistica.

I dati geometrici dell'intersezione sono quelli prima definiti mentre quelli riguardanti il traffico, sono in seguito riassunti:

- provinciale: 450 veicoli eq./ora per corsia;
- comunali: 200 veicoli eq./ora per corsia;

Per il traffico dell'ora di punta su tutti i rami è stato considerato il 50% del traffico eq./ora per corsia considerando ipotizzabile con poco margine di rischio il maggior flusso ad inizio e fine giornata lavorativa:

- provinciale: TDP per corsia di 225 veicoli eq./ora corsia;
- comunali: TDP per corsia di 100 veicoli eq./ora corsia;



Metodo SETRA – Parametri che intervengono nel calcolo della capacità di una rotatoria

Nella definizione della matrice dei flussi non sono state considerate le manovre di inversione di marcia (es. Ingresso da un braccio ed uscita dallo stesso). Per la trasformazione dei flussi in veicoli diversi dalle autovetture sono stati utilizzati i seguenti coefficienti ricavati in letteratura: veicolo leggero 1 veic. eq.; motociclo sull'anello 0,8 veic. eq.; motociclo in entrata 0,2 veic. eq.; autocarro a tre assi 2 veic. eq.; autobus 2,5 veic. eq.; tir 3 veic. eq.

Non si riportano tutti i calcoli completi ma semplicemente il procedimento seguito ed i risultati più rilevanti.

La capacità, espressa dalla formula seguente, è funzione decrescente del traffico di disturbo Q_d che ne ostacola l'ingresso, mentre aumenta in funzione della larghezza della corsia di entrata ENT (valutata dietro la prima autovettura ferma alla striscia del "dare precedenza"):

$$K = (1130 - 0,7Q_d) [1 + 0,1(ENT - 3,5)]$$

dove:

K = capacità di un braccio di ingresso [veic/h];

ENT = larghezza della corsia in entrata misurata dietro il primo veicolo fermo all'altezza della linea del "dare precedenza" [m];

Q_d = traffico di disturbo [veic/h] dato dalla relazione: $Q_d = (Q_c + 2/3Q_u) [1 - 0,085(ANN - 8)]$;

Q_c = traffico circolante, ovvero flusso che percorre l'anello all'altezza della immissione [veic/h];

ANN = larghezza dell'anello [m];

Q'_u = traffico uscente equivalente [veic/h] dato dalla relazione: $Q'_u = Q_u (15 - SEP)/5$;

Q_u = traffico uscente [veic/h];

SEP = larghezza dell'isola spartitraffico all'estremità del braccio [m].

Si usa definire un flusso entrante equivalente Q'_e , il quale eguaglia la capacità di un braccio largo 3,5 m quando questa viene raggiunta dal flusso Q_e su un braccio della rotatoria avente la larghezza effettiva ENT: $Q'_e = Q_e / [1 + 0,1(ENT - 3,5)]$.

Si riporta nella tabella seguente i flussi entranti ed uscenti per ramo derivanti dalla matrice Origine/Destinazione.

p_{ij} = % flusso entrante ramo i ed uscente dal ramo j			
- flusso ingresso ramo 1:	44%	esce dal ramo 2	
	11%	esce dal ramo 3	44% esce dal ramo 4
- flusso ingresso ramo 2:	5%	esce dal ramo 1	
	5%	esce dal ramo 3	89% esce dal ramo 4
- flusso ingresso ramo 3:	11%	esce dal ramo 1	
	44%	esce dal ramo 2	89% esce dal ramo 4
- flusso ingresso ramo 4:	5%	esce dal ramo 1	
	89%	esce dal ramo 2	5% esce dal ramo 3

Determinati tali parametri per ogni braccio si determina la capacità semplice ricercando lo scalare δ_i che restituisce un flusso $\delta_i Q_{e,i}$ entrante dal braccio i uguale alla capacità K_i del braccio quale si ricava dalla formula del calcolo di K con $K = \delta_i Q_{e,i}$ e $Q_d = \delta_i Q_{d,i}$. Nel caso specifico gli scalari per ogni braccio risultano partendo dalla bretella in senso antiorario rispettivamente: 4,2; 3,15; 4,21; 3,15.

Sia δ_j il più piccolo scalare ottenuto tra tutti i bracci, relativo al braccio j, nel caso specifico 2,08 relativo al ramo della bretella, risulta $K_j = \delta_j Q_{e,j}$ la capacità semplice della rotatoria, la quale viene raggiunta sul solo ramo j quando i flussi in ingresso sono moltiplicati per δ_j , mentre i flussi entranti degli altri rami sono al di sotto della loro capacità. La capacità semplice della rotatoria in progetto è $K = 709$ veic. eq./h raggiunta nel braccio 2 ovvero quello della provinciale verso Busco.

- CAPACITA' SEMPLICE RAGGIUNTA AL BRACCIO N.	12
- CAPACITA' SEMPLICE:	709 eph

La capacità totale della rotatoria si determina calcolando i valori dei flussi in ingresso che, distribuendosi fra le varie uscite secondo la suddivisione del traffico, determinano il raggiungimento della capacità su tutti i rami. Questi flussi entranti si ricavano risolvendo il sistema di n equazioni lineari in n incognite $Q_{e,i}$ (dove n è il numero di rami, 4), ottenuto scrivendo l'equazione sulla capacità per i singoli rami, e ponendo in essa $C = Q_{e,i}$. Q_d invece viene espressa in funzione di $Q_{e,j}$ per ogni $j \neq i$ utilizzando le equazioni per il calcolo del traffico uscente equivalente Q_u' e l'equazione del traffico di disturbo Q_d sopra riportate.

La capacità totale Q della rotatoria è quindi $Q = \sum C_i$ per i che va da 1 a 4 nel caso in esame. La capacità totale della rotatoria in progetto risulta $Q = 2.480$ veic. eq./h.

CAPACITA' TOTALE ROTATORIA $C_{tot} =$	2 256 eph
--	------------------

I valori $Q_{e,i}$ di capacità dei singoli bracci che concorrono alla capacità totale vengono posti a base della progettazione di una rotatoria. Poiché però flussi in ingresso di tali entità determinerebbero la presenza permanente di veicoli in attesa ai bracci, si fa riferimento ad una capacità pratica dei singoli bracci data da $K_i = Q_{e,i} - 150$, ovvero $K_i = 0,8 Q_{e,i}$.

I valori $Q_{e,i}$ di capacità dei singoli bracci che concorrono alla capacità totale sono risultati nel caso in progetto i seguenti:

- Ramo 1 – via Chiodo: $Q_{e,i}$ 90 veic. eq./h – Capacità totale 596 veic. eq./h
- Ramo 2 – provinciale Busco: $Q_{e,i}$ 225 veic. eq./h – Capacità totale 528 veic. eq./h;
- Ramo 3 – via Rustignè: $Q_{e,i}$ 90 veic. eq./h – Capacità totale 600 veic. eq./h;
- Ramo 4 – provinciale Levada: $Q_{e,i}$ 225 veic. eq./h – Capacità totale 532 veic. eq./h.;

Si riporta il grado di saturazione “x” dei vari rami che è risultato il seguente:

- Ramo 1 – via Chiodo: 15%
- Ramo 2 – provinciale Busco: 43%;
- Ramo 3 – via Rustignè: 15%;
- Ramo 4 – provinciale Levada: 42%.

Come si nota su tutti i rami si ha una riserva di capacità superiore al 50%. Per la progettazione delle rotatorie, le norme francesi indicano come corretta una riserva di capacità tra il 25% e l'80% e comunque riportano come soddisfacenti riserve di capacità comprese tra il 15% ed il 30%.

Si passa dunque alla definizione dei livelli di servizio per i singoli rami. Le caratteristiche di livello di servizio a cui si fa riferimento nel progetto della rotatoria, le stesse che vengono considerate nello studio di una qualsiasi intersezione a raso, sono: il tempo medio di attesa dei veicoli alle immissioni ed un adeguato percentile della lunghezza della coda. Tali elementi vengono calcolati con un modello teorico basato sul concetto di intervallo critico le cui variabili sono il flusso in entrata e quello che percorre l'anello.

La valutazione del livello di servizio per ogni singolo ramo viene effettuata confrontato il tempo medio di attesa dei vari rami calcolato con il metodo SETRA con le tabelle del Manuale HCM 2000 e per ulteriore verifica con la normativa Svizzera SNV 640022.

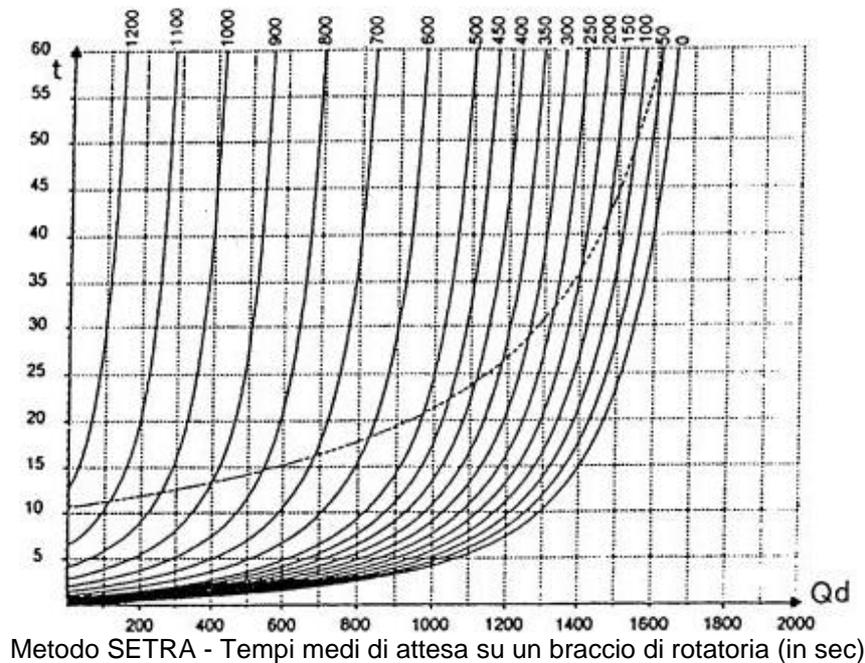
Il tempo medio di attesa t_m dei vari rami, dedotto con l'utilizzo dell'abaco del metodo SETRA (costruito utilizzando un modello basato sull'intervallo critico, funzione di Q'_e e Q_d e considerando il limite corrispondente alla capacità pratica) è risultato:

- Ramo 1 – via Chiodo: 2 s;
- Ramo 2 – provinciale Busco: 11 s;
- Ramo 3 – via Rustignè: 2 s;
- Ramo 4 – provinciale Levada: 11 s.

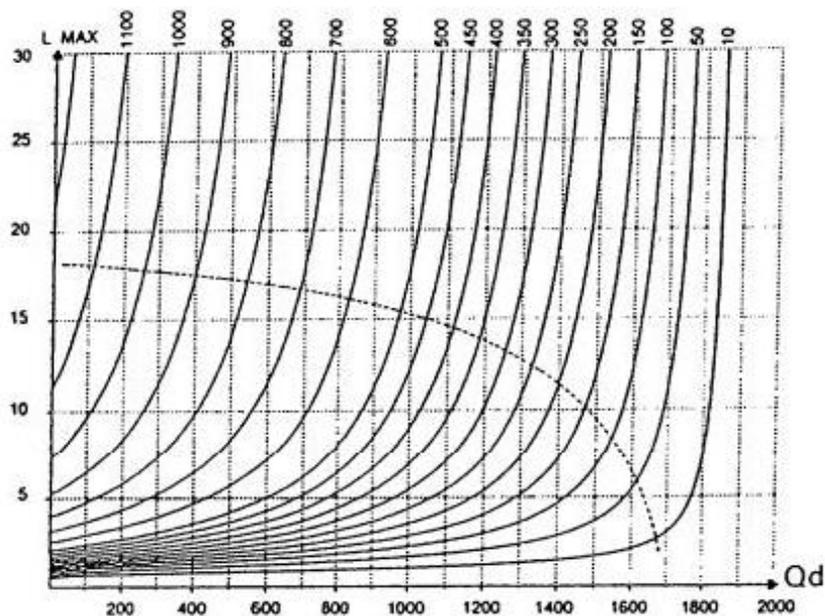
Il livello di servizio per i vari rami risulta lo stesso sia per l'HCM 2000 che per la SNV 640022:

- Ramo 1 – via Chiodo: L.d.s. A;
- Ramo 2 – provinciale Busco: L.d.s. B;
- Ramo 3 – via Rustignè: L.d.s. A;
- Ramo 4 – provinciale Levada: L.d.s. B.

Quindi il livello di servizio della rotatoria è di classe B pertanto migliore di quanto richiesto dal D.M. 05.11.2001, F.



Per il calcolo della lunghezza media della coda per ciascun ramo di ingresso si utilizza l'abaco SETRA che indica il 99° percentile della lunghezza di coda su un braccio di rotatoria in funzione sempre di Q'_e e Q_d .



Metodo SETRA - 99° percentile del numero medio di veicoli in attesa su un braccio di rotatoria (in eph)

Si sono ottenuti i seguenti valori del numero medio di veicoli in coda e di lunghezza media della coda:

- Ramo 1 – via Chiodo: $L_m = 6$ m;
- Ramo 2 – provinciale Busco: $L_m = 12$ m;
- Ramo 3 – via Rustignè: $L_m = 6$ m;
- Ramo 4 – provinciale Levada: $L_m = 12$ m.

La norma prescrive che allo scopo di garantire che con elevata probabilità i veicoli in attesa riescano ad essere ospitati nell'elemento considerato, occorre assegnare a questo una lunghezza doppia di quella corrispondente al numero medio di veicoli in attesa. Raddoppiando i valori sopra individuati tutti i bracci risultano adeguati tantopiù in considerazione del fatto che i flussi veicolari ipotizzati, in particolare per la bretella, risultano particolarmente cautelativi.

16. Mobilità ciclopeditone: descrizione e accorgimenti progettuali

La mobilità ciclopeditone è stata tenuta in ampia considerazione sviluppando il percorso appena realizzato lungo via della Vittoria a valle dell'intersezione di progetto.

In particolare, a partire dalla sezione S06 ove termina l'attuale percorso ciclopeditone è prevista la realizzazione, dopo tombamento del fosso con tubazione in cls DN 500 mm, di percorso ciclopeditone di larghezza 2,50 m con separazione di 50 cm dalla sede aperta al traffico veicolare, fino alla sezione C05 in via Chiodo per uno sviluppo di ca. 60 m dove verrà realizzato marciapiede di raccordo all'esistente di lunghezza di ca. 10 m.

Il progetto prevede per il percorso ciclopeditone una pavimentazione costituita, come descritto nel paragrafo dedicato, da uno strato di fondazione in materiale da cava, strato di 5 cm in misto granulare stabilizzato, quindi uno strato di binder di 5,0 cm ed un tappeto d'usura in conglomerato bituminoso di 3,0 cm.

Per il marciapiede si prevede un massetto in conglomerato cementizio armato spessore 10 cm con pavimentazione costituita da conglomerato bituminoso spessore 3,0 cm.

Caratteristiche piano altimetriche

Il percorso si collega a quello realizzato di recente lungo via Della Vittoria e prevede uno sviluppo complessivo di ca. 60 m.

Il percorso ciclopedonale principale si sviluppa planimetricamente con brevi tratti rettilinei raccordati da curve circolari di raggio superiore a 5 m a seguire l'andamento della sede stradale aperta al traffico veicolare. Il percorso termina in via Chiodo ove verrà materializzato attraversamento pedonale in attraversamento a via Chiodo.

A seguire è previsto marciapiede di lunghezza di ca. 10 m a raccordarsi al marciapiede esistente su via Chiodo.

Nessun percorso ciclopedonale interseca la corona giratoria della nuova rotatoria e l'attraversamento pedonale è previsto al termine dell'isola per garantire una separazione di almeno 5 m dall'intersezione in progetto.

La sezione trasversale dei percorsi è prevista col solo fine di favorire il deflusso dell'acqua piovana, al massimo dell'1% mentre quella longitudinale è dello 0,15% a scendere verso Busco. Le caratteristiche altimetriche non comportano l'inserimento di raccordi verticali.

Lungo i percorsi non sono previste griglie di raccolta delle acque con elementi principali paralleli all'asse delle piste, né con elementi trasversali tali da determinare difficoltà di transito ai ciclisti.

L'attraversamento previsto sopra menzionato è esclusivamente pedonale con larghezza di 2,5 m. Conformemente all'art. 40 comma 11 del C.d.S. tutti gli attraversamenti risultano accessibili alle persone non deambolanti. La pendenza longitudinale dell'attraversamento pedonale, ovvero la pendenza trasversale al senso di marcia dei veicoli presenta valori che vanno dall'1% al 2,5% pertanto non di ostacolo all'accessibilità degli utenti deboli. Per la pendenza trasversale si è assunto un valore tale da garantire il deflusso delle acque piovane sulla sezione utilizzata per l'attraversamento stesso.

Come visto in precedenza le verifiche di visibilità pedone-veicolo e veicolo-pedone risultano positive ed è prevista per l'attraversamento idonea illuminazione.

17. Pavimentazione stradale

L'area di intervento risulta, al di fuori di una piccola porzione a verde e ove presente marciapiede da demolire in cui è prevista la creazione di nuovo pacchetto stradale, attualmente già pavimentata. Il percorso ciclopedonale verrà realizzato su area a verde ed in parte ove previsto marciapiede esistente che verrà demolito.

Per la progettazione della pavimentazione dei nuovi tratti stradali si è fatto riferimento, oltre alle indicazioni fornite dall'Amministrazione, al Bollettino Ufficiale del CNR parte IV del 15.09.1995 n. 178 "Catalogo delle pavimentazioni stradali", nel quale ci sono, oltre a delle linee guida sulla progettazione della pavimentazione, degli schemi già compilati. Tali schemi variano in base alla resistenza del sottosuolo e al numero di veicoli pesanti che passeranno su tale pavimentazione nell'arco della sua vita utile.

Il catalogo fa una suddivisione anche in base alla tipologia di pavimentazione, ovvero divide tra flessibili, semirigide e rigide non armate e rigide ad armatura continua.

Nel caso in esame viene scelta per tutti i tronchi stradali di progetto una pavimentazione flessibile.

È stata fissata innanzitutto una vita utile, ovvero il numero di anni durante il quale la pavimentazione deve assicurare, attraverso normali operazioni di manutenzione, condizioni di funzionalità superiori allo stato limite, di 20 anni.

17.1 Portanza del sottofondo nuovi tratti in progetto

Viene calcolata dapprima la portanza del sottofondo, valida per l'intero sito di progetto esente da tappeto stradale esistente, vedi tavola delle pavimentazioni A11 allegata. Il parametro scelto per caratterizzare la portanza del sottofondo è il "modulo resiliente" M_r , valutabile sperimentalmente utilizzando la norma AASHTO T274-82. La scelta di tale parametro è stata dettata dal fatto che esso meglio rappresenta il comportamento del sottofondo, in quanto consente di tener conto anche della componente viscosa reversibile della deformazione. Esso è correlabile ai parametri più comunemente utilizzati quali l'indice di portanza CBR, $M_r = 10 * CBR$, che risultata tuttavia attendibile per terreni a granulometria fina aventi un CBR saturo uguale o minore di 10.

L'AASHTO propone la seguente relazione, ricavata teoricamente, tra il modulo resiliente M_r , ed il modulo di reazione K: $M_r = 0,49 * K$.

A seguito delle prove penetrometriche statiche effettuate e riportate nella relazione geologica risulta che i primi 1,50 m di sottosuolo sono caratterizzati da un terreno di argilla e limo con sottostante strato di sabbie e ghiaie.

Per la determinazione di un valore attendibile del CBR si utilizza la Classificazione di Casagrande da cui risulta un valore di CBR compreso tra 5 e 15 Mpa cui corrisponde un modulo resiliente di 50 MPa.

In progetto tuttavia, nelle aree di nuova pavimentazione, è prevista la posa di un aggregato costituito da ghiaie, detriti di cava, frantumato dello spessore non inferiore a 40 cm adeguatamente costipato con rullo stradale e parte è realizzata al di sopra del marciapiede esistente che sarà demolito. Per valutare le caratteristiche degli strati appena citati dovranno essere effettuate prove A.A.S.H.T.O. o Proctor modificata. Pertanto dalla classificazione di Casagrande, risulta un valore di CBR compreso tra 60 e 80 Mpa. Viene adottato un CBR pari a 30 Mpa a favore di sicurezza.

NOHE	Comportamento come fondazione	Comportamento come strato di base	Azione del gelo	Compressibilità ed espansione	Caratteristiche del drenaggio	Macchine per il costipamento	Peso per unità di volume (N / m^3)	CBR	K (MPa/m)
Ghiaie o ghiaia sabbiosa ben graduata	eccellente	buono	nessuna o lieve	pressochè nulla	eccellente	Rullo statico Rullo gommato trattore cingolato	20.000 - 22.500	60 - 80	≥ 80

Classifica di Casagrande

La correlazione con il modulo resiliente per tali valori di CBR è la seguente:

$$M_r = MR = 0,49 * K$$

dove $K = -314,7 + 266,7 * \log (CBR)$ per CBR compreso tra 30 e 100.

Nel caso specifico K assume il valore di 79,25 MPa/m e il modulo resiliente M_r , il valore di 38,83 Mpa.

Posati i vari strati componenti il solido stradale dovranno essere eseguite prove di carico su piastra in numero e sito a discrezione della Direzione Lavori, tali da verificare il rispetto dei valori minimi di modulo di compressibilità di progetto e previsti dalla norma UNI 11531-1.

17.2 Pavimentazione in ampliamento

Il T.G.M. di progetto assunto per la provinciale è pari a 10.800 veicoli/giorno, ampiamente cautelativo. Si dimensionano tutte le aree con nuovo pacchetto stradale per un T.G.M. pari a 10.800 veicoli/giorno.

Per corsia pertanto si ha assume un valore di 5.200 veicoli totali / giorno per corsia.

Si stima dunque il numero di veicoli commerciali che transiteranno, nell'arco della vita utile di 20 anni, sulla pavimentazione tramite la relazione:

$$T^N = n_{vca} * [((1 + R)^N - 1) / R] * 365$$

dove: N è la vita utile della pavimentazione fissata in 20 anni; R è il tasso di incremento annuo del traffico commerciale fissato al 1,0%; n_{vca} è il numero di veicoli commerciali attuali, cioè transitati nel primo anno di vita della pavimentazione sulla corsia più carica.

Il numero di veicoli commerciali attuali è stato calcolato con la relazione:

$$n_{vca} = TGM * p_{sm} * p_c * p_{corsia}$$

dove è stato assunto per TGM il valore di 5.200 veicoli totali / giorno per corsia; per p_{sm} , che è la percentuale del traffico totale per senso di marcia il valore di 1 dato che si ha una corsia per senso di marcia; per p_c , percentuale di veicoli commerciali, si stima il 5%; per p_{corsia} , percentuale di traffico commerciale che transita nella corsia lenta, si assume il valore di 1 avendo una sola corsia per senso di marcia.

Pertanto il numero di veicoli commerciali n_{vca} risulta pari a 260 veicoli totali/giorno per corsia. Si può dunque calcolare il numero di veicoli commerciali che transiteranno nell'arco della vita utile sulla pavimentazione che risulta pari a 2.089.603 veicoli commerciali.

Con riferimento alle indicazioni fornite dalla Provincia e tramite il al Catalogo delle Pavimentazioni, Bollettino Ufficiale CNR 15.09.1995, parte IV, Norme Tecniche, il quale in base alla tipologia di strada ed in base ai valori precedentemente ottenuti coi calcoli consente di scegliere la pavimentazione stradale interpolando le diverse misure dei diversi schemi standard del catalogo si è ottenuta la seguente pavimentazione di progetto, fermo restando la posa di un aggregato costituito da ghiaie, detriti di cava, frantumato dello spessore non inferiore a 40 cm adeguatamente costipato con rullo stradale:

- strato di fondazione in misto cava 40 cm;
- strato di base in conglomerato bituminoso spessore 5-7-10 cm;
- strato di binder in conglomerato bituminoso spessore 7 cm;
- strato di usura in conglomerato bituminoso antiskid spessore 3 cm.

Tale pacchetto andrà posato sull'intero tratto in ampliamento e dove sono previsti scavi su tratti carrabili.

17.3 Tratti con pavimentazione esistente

Nei tratti di strada già pavimentati è prevista la fresatura dello strato di usura esistente e la stesa puntualmente di nuovo strato di binder in conglomerato bituminoso e su tutta la superficie di strato di usura in conglomerato bituminoso antiskid di spessore 4 cm.

Le operazioni sopra citate devono necessariamente essere precedute da prove di carico atte a valutare la portanza dello strato su cui ripavimentare.

Nei tratti di pavimentazione esistente, in corrispondenza dei tratti di raccordo con la piattaforma nuova nonché nei tratti di ampliamento della sede stradale nel caso la D.LL. lo ritenga opportuno può essere interessato anche il terzo strato. Per meglio ammorzare la nuova pavimentazione all'esistente verrà interposta una geogriglia tra lo strato di binder e il tappeto di usura in modo di evitare la fessurazione in corrispondenza del collegamento dei due pacchetti stradali.

17.4 Percorsi ciclopeditoni

Per i percorsi ciclopeditoni è previsto il seguente pacchetto al di sopra dello strato di fondazione in misto dicava:

- strato di fondazione in misto granulare non legato spessore minimo di 5 cm;
- strato di binder in conglomerato bituminoso spessore 5 cm;
- strato di usura in conglomerato bituminoso spessore 3 cm.

Per il marciapiede al di sopra del massetto in conglomerato cementizio armato spessore 10 cm la pavimentazione sarà costituita da conglomerato bituminoso spessore 3,0 cm.

Anche sui percorsi ciclopeditoni posati i vari strati componenti il solido stradale dovranno essere eseguite prove di carico su piastra in numero e sito a discrezione della Direzione Lavori, tali da verificare il rispetto dei valori minimi di modulo di compressibilità di progetto e previsti dalla norma UNI 11531-1.

17.5 Calcolo della durata della sovrastruttura stradale in ampliamento

Viene illustrata la verifica della sovrastruttura stradale flessibile tramite il metodo semi-empirico dell'“AASHTO Guide for Design of Pavement Structure 1993”.

Il metodo AASHTO permette di ricavare il numero totale di passaggi di assi equivalenti da 8,2 t (W_{18} [ESAL]) che una pavimentazione di assegnate caratteristiche meccaniche riesce a sopportare prima di raggiungere il valore di PSI finale (PSI = Present Serviceability Index), in corrispondenza del quale si ritiene che la pavimentazione sia giunta al termine della sua vita utile e quindi necessita di manutenzione.

Note le caratteristiche dei materiali da impiegare (degli strati legati a bitume, di quelli in misto granulare stabilizzato, della portanza del sottofondo), ed avendo assegnato degli spessori ai vari strati come sopra, è possibile convergere verso la soluzione finale, la quale prevede che il numero di assi massimo che la pavimentazione può sopportare ($N_{8,2max}$) debba essere superiore o al limite uguale al traffico di progetto ($N_{8,2}$) che interesserà la sovrastruttura durante la sua vita utile, derivante dall'elaborazione dalle analisi di traffico eseguita nei paragrafi precedenti.

Traffico: nella metodologia proposta dall'“AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” i carichi di traffico sono rappresentati dal numero cumulato (W_{18}) di assi standard (ESAL) da 8,16 t. Il dato di partenza è il traffico giornaliero medio TGM, che transita o si presume transiterà

nell'infrastruttura nel primo anno di vita utile. Nel caso specifico si è assunto un TGM di 10.800 veicoli totali / giorno. Questo dato deve essere corretto considerando i seguenti fattori:

- l'evoluzione del traffico nel corso degli anni (r): si è assunto un tasso di incremento annuo del traffico commerciale dell'1%;
- la distribuzione del traffico per senso di marcia (p_d): è stato assunto il TGM suddiviso equamente nelle due direzioni ovvero adottando un valore di 0,5;
- la percentuale di veicoli commerciali (p): è stato assunto un valore del 5%;
- percentuale di traffico commerciale che transita nella corsia lenta (p_l): è stato assunto il valore di 1 essendoci un'unica corsia per senso di marcia;
- la dispersione delle traiettorie (d): considerando che la traiettoria seguita dalle ruote non è sempre la stessa, ma si disperde nell'intorno di un valore medio si è tenuto conto di ciò riducendo del 20% il T.G.M.;
- la distribuzione dei carichi del traffico commerciale: i veicoli che lo compongono non hanno gli stessi carichi per asse determinando livelli di sollecitazione differenti. Per omogeneizzare i risultati si ricorre al concetto di asse equivalente che la progressione del danno prodotto varia in modo esponenziale con il carico stesso. Si possono utilizzare le seguenti espressioni:
 - Si ricorre al seguente legame, validato da ricerche recenti: $C_{eq} = (x/y)^4$. La dipendenza dalla 4a potenza è stata studiata con riferimento all'asse standard da $y=80$ KN ed è riconosciuta valida internazionalmente.
- il numero medio degli assi di un generico veicolo commerciale: è compreso tra 2 e 5. Se si tiene conto della distribuzione delle differenti classi di veicoli commerciali, si può assumere un valore compreso tra 2.25 e 2.7, nel caso specifico si assume 2,5.

Assumendo valida la legge della 4a potenza e che un asse da 18 kip coincida con l'asse standard da 80 KN (8 t), la valutazione del traffico cumulato W_{18} in ESAL può essere condotta noto lo spettro di traffico.

Stabilito lo spettro di traffico, ovvero la distribuzione delle 16 categorie dei veicoli considerati dal Catalogo Italiano delle pavimentazioni per strade di tipo C, si passa da questo a quello degli assi nota la composizione degli assi che formano ciascuno dei 16 tipi di veicoli commerciali. Si costruisce pertanto la tabella ove per ciascuna riga è riportato il numero di assi che compongono il veicolo commerciale e per ogni colonna il peso degli assi.

Il prodotto di ciascun elemento della tabella per il vettore delle frequenze, con cui si presentano i veicoli commerciali, consente di valutare le frequenze parziali di ciascun asse.

La somma per colonna, infine, fornisce il numero di ciascun tipo di asse presente in 100 veicoli commerciali.

La regola della 4° potenza fornisce per l'asse standard di 80 KN i coefficienti equivalenza. Pertanto il numero di assi equivalenti di 8 t sarà la somma di ciascun contributo parziale dato da ciascuna categoria di assi.

Riassumendo: il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di 253,1 assi di differente peso, che corrispondono a 233,5 passaggi di assi da 8 t.

Si ricava dunque un numero cumulato W_{18} di assi standard totali di 2.887.588 assi da 8 t.

Affidabilità: questo fattore di dimensionamento considera le condizioni aleatorie che possono inficiare le previsioni di traffico e le prestazioni delle pavimentazioni. L'affidabilità di un processo di dimensionamento della pavimentazione è la probabilità che la sezione dimensionata possa mantenersi in condizioni accettabili durante tutta la vita utile.

Uno dei dati assunti in fase di progetto è il valore del traffico cumulato sopportabile dalla sovrastruttura W_t in ESAL. Inoltre, viene anche assunta una legge di crescita che, per ciascun anno, fornisce il valore cumulato W_t di ESAL transitati sino a quel momento.

Nella realtà si verificheranno differenze tra questo ultimo e il valore di assi realmente transitato N_t , l'errore che si commette è dovuto al fatto che la pavimentazione andrà fuori servizio per un valore di ESAL pari a N_t invece di quello previsto in sede di progetto e pari a W_t . Si assume per tali errori una distribuzione statistica di tipo normale, gaussiana.

Nel metodo dell'AASHTO l'affidabilità R (reliability) viene introdotta attraverso i coefficienti S_0 e Z_R . S_0 rappresenta la deviazione standard nella predizione del traffico e della prestazione attribuita alla pavimentazione. Z_R è l'ascissa della distribuzione standard ridotta. Senza entrare nei dettagli analitici è facile dimostrare che il Fattore di Affidabilità di Progetto F_R è tale che:

$$F_R = \frac{W_t}{W_T} = 10^{-Z_R S_0}$$

L'affidabilità R rappresenta la probabilità che un determinato evento accada. Affermare che $R=95\%$ significa che in 95 casi su cento le previsioni di progetto (traffico, prestazione pavimentazione) consentono di raggiungere la prefissata vita utile. Viceversa nel 5% dei casi ciò non si verifica. Per ciascun valore di R esiste un ben determinato valore di deviazione standard ridotta Z_R .

La valutazione di F_R consente di valutare il fattore $Z_R \times S_0$ presente nella formula di dimensionamento proposta dall'AASHTO. Le indagini condotte dall'AASHTO raccomandano per pavimentazioni di tipo flessibile e semirigido un valore di S_0 compreso tra 0,40 e 0,50. Valori inferiori sottintendono il fatto che il reale comportamento del traffico e dell'efficienza della pavimentazione è meno disperso intorno al valore medio.

La tabella EE.9 proposta dall'AASHTO Guide consente per un dato valore di affidabilità R e S_0 di determinare il valore di F_R . Il valore di affidabilità R è consigliato in funzione dell'importanza dell'infrastruttura stradale, come evidenziato nella tabella 9 del Catalogo Italiano delle Pavimentazioni Stradali.

Nel caso specifico, visto il tipo di strada, cat. F, si assume un'affidabilità R del 85% come da tabella. A questa corrisponde un fattore Z_R di -1,282 ed un valore S_0 che rappresenta la deviazione standard nella predizione del traffico di 0,45.

Il Fattore di Affidabilità di Progetto F_R risulta pertanto -0,5769.

Decadimento limite ammissibile della sovrastruttura: l'indice assunto dall'AASHTO per valutare il decadimento delle sovrastrutture è il Present Serviceability Index PSI. Esso viene definito in funzione della media delle variazioni di pendenza del profilo, della profondità delle ormaie, della superficie delle buche e dei rattoppi, o di lesioni di determinate caratteristiche riferite all'unità di superficie.

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 0.01 \sqrt{C + P} - 1.38RD$$

con:

SV = media delle variazioni di pendenza del profilo longitudinale
C = area delle buche e dei rappezzati, per unità di superficie;
P = area fessurata o lesionata con particolari caratteristiche, per unità di superficie;
RD = media delle misure di profondità delle ormaie.

I valori di variano da valori ottimi pari a 5 all'inizio della vita utile a valori limite di 0 quando l'efficienza della pavimentazione è nulla. Tuttavia livelli inferiori a 1-1.5 non sono in genere accettabili poiché sarebbero compromessi i livelli di servizio e la sicurezza della strada. I valori limite ammissibili dipendono dall'importanza del collegamento stradale: quanto questo sarà maggiore tanto più alto deve essere il limite ammissibile di PSI.

Possono essere assunti i valori riportati nella tabella 9 del Catalogo Italiano delle Pavimentazioni.

Nel caso specifico si assume, conformemente a quanto riportato in tabella 9, un valore finale di PSI di 2,5. Per il valore iniziale del PSI, considerando che anche nuova una strada difficilmente risulta perfetta si assume un valore di 4,5. Si utilizzerà pertanto un Δ PSI di 2.

Caratteristiche degli strati (Numero di struttura SN): nel metodo ad ogni strato (di spessore H_i espresso in pollici) viene assegnato un coefficiente di struttura che rappresenta il contributo dello strato alla prestazione complessiva della pavimentazione.

Un ulteriore fattore viene introdotto per considerare gli effetti del drenaggio (di tabella n. 3). Il contributo di ogni singolo strato alla prestazione complessiva della pavimentazione è dato dal prodotto dei 2 coefficienti a_i , d_i per il suo spessore H_i .

$$SN_i = a_i H_i d_i$$

SN_i = numero di struttura dell' i -esimo strato [inch];
 a_i = coefficiente di strato dell' i -esimo strato [adimensionale];
 H_i = spessore dell' i -esimo strato [inch].
 d_i = coefficiente di drenaggio dell' i -esimo strato.

I coefficienti di spessore a_i possono essere ricavati, per gli strati non legati, in funzione delle misure di CBR, attraverso le relazioni:

$$a_i = 0.00645 \cdot CBR^3 - 0.1977 \cdot CBR^2 + 29.14 \cdot CBR \quad \text{base}$$
$$a_i = 0.01 + 0.065 \cdot \log CBR \quad \text{fondazione}$$

In alternativa può essere impiegata una relazione in funzione del modulo resiliente:

$$a_i = a_g \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_g}}$$

dove:

a_g = coefficiente di spessore standard secondo l'AASHTO Road Test
 E_i = modulo resiliente dello strato
 E_g = modulo resiliente del materiale standard secondo l'AASHTO Road Test

Inoltre, si tiene conto del contributo dato dal sottofondo SNSG (Structural Number of Subgrade).

Il valore di SN viene, infine, valutato con la seguente espressione:

$$SN = \sum_{i=1}^{n_{strati}} a_i H_i d_i + SNSG$$

Caratteristiche del sottofondo: le caratteristiche del sottofondo vengono considerate nella formula di dimensionamento proposta dall'AASHTO attraverso il modulo resiliente M_R espresso in psi (pound square inch).

Nel caso specifico per quanto espresso in precedenza si assume a favore di sicurezza un M_r pari a 7.006,46 Psi per cui si assume un CBR di 5.

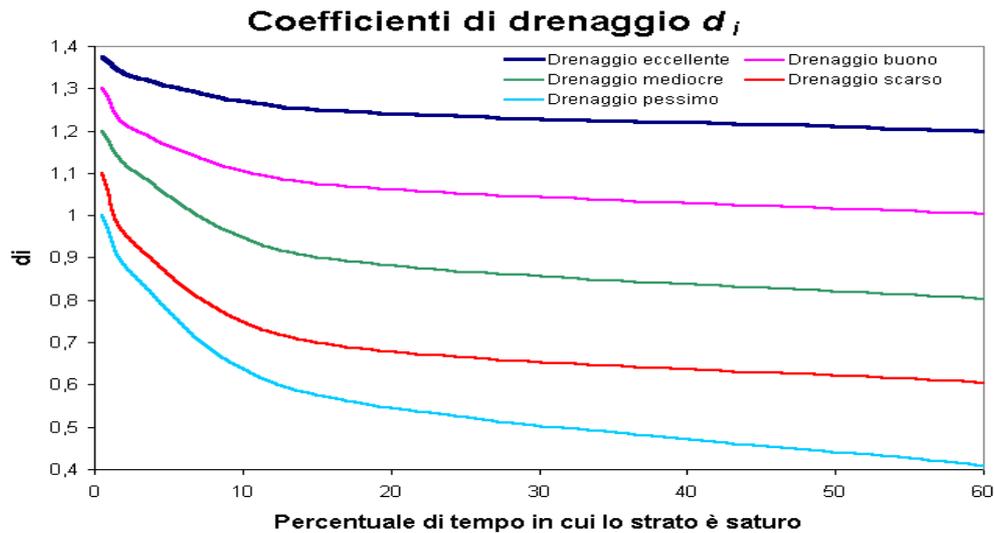
Coefficienti di drenaggio: nella AASHTO (Design Guide versione 1986 e 1993) i coefficienti di drenaggio sono usati per modificare il valore del coefficiente di spessore a_i di ogni strato non stabilizzato al di sopra del sottofondo in una pavimentazione flessibile.

Gli strati in conglomerato bituminoso (in materiali legati) non sono influenzati da un eventuale cattivo drenaggio dello strato o dal tempo in cui si trova in condizioni di saturazione. In questi casi il coefficiente di drenaggio vale comunque 1.

Per gli altri strati i coefficienti di drenaggio sono determinati considerando la qualità del drenaggio e il tempo, in percentuale, che la pavimentazione è esposta a livelli di umidità vicino alla saturazione. L'effetto di un efficiente drenaggio è quello di fornire valori elevati di SN e, pertanto, si traduce in una riduzione delle fessurazioni, delle ormaie e delle irregolarità della superficie stradale.

Qualità del drenaggio	Tempo di rimozione dell'acqua
Eccellente	2 ore
Buona	1 giorno
Media	1 settimana
Scarsa	1 mese
Molto scarsa	Non rimossa

Qualità drenaggio	Percentuale di tempo nel quale gli strati non legati sono in condizioni prossime alla saturazione			
	< 1%	Da 1% a 5%	Da 5% a 25%	> 25%
Eccellente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Buona	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Media	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Scarsa	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Molto scarsa	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40



Analisi nuovo pacchetto stradale

Nel caso in esame la stratigrafia del pacchetto stradale è la seguente:

- strato di fondazione in misto cava spessore 40 cm;
- base in conglomerato bitumato spessore 5-7-10 cm;
- binder in conglomerato bituminoso spessore 7 cm;
- usura in conglomerato bituminoso antiskid spessore 4 cm.

Gli spessori ed i coefficienti a_i , d_i assunti sono riportati in tabella. Sono state assunte medie caratteristiche di drenaggio.

STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficient e drenaggio	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)
Sottofondo					5,00	7006,46
Fondazione	400	0,6	0,11	26,40		
Base cementata	0	1	0,22	0,00		
Base bitumata	100	1	0,18	18,00		
Collegamento	70	1	0,40	28,00		
Usura	40	1	0,45	18,00		
				90,40		
SNSG =					0,608109508	
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					4,169869508	
Log ₁₀ W ₁₈ =	6,542419					
Pari ad un transito ammissibile W₁₈ :			3 486 736	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di			2 887 588	assi da 8t	VERIFICATO	

Si è quindi verificato che il pacchetto stradale a fronte di un numero cumulato di assi standard totali da 8 t di 2.887.588 presenta un transito ammissibile di 3.486.736 assi da 8 t.

Alla luce di ciò, considerando le premesse ed anche eventuali incrementi maggiori di traffico pesante, si ritiene che la pavimentazione in ampliamento abbia caratteristiche idonee a non presentare problematiche nell'arco della sua vita utile.

18. Illuminazione

È prevista la realizzazione di un nuovo impianto di pubblica illuminazione a servizio della viabilità. Nella progettazione degli impianti di illuminazione si è cercato di perseguire i seguenti obiettivi di carattere generale:

- riduzione del livello di inquinamento luminoso;
- sicurezza del traffico veicolare e pedonale;
- sicurezza per le persone e le installazioni;
- affidabilità e riduzioni delle probabilità di guasto;
- continuità di servizio;
- contenimento del costo di installazione e di esercizio.

Nello specifico è prevista la realizzazione delle seguenti parti di impianto:

- impianto di illuminazione della rotatoria e, limitatamente all'ambito di intervento, delle relative strade di accesso;
- impianto di illuminazione del tratto di pista ciclopedonale in progetto;
- in prossimità della nuova rotatoria su via Rustignè realizzazione di un attraversamento pedonale luminoso.

Queste parti di impianto verranno derivate dall'impianto elettrico esistente.

Per quanto concerne le caratteristiche costruttive degli impianti e delle apparecchiature si rimanda alla relazione specialistica, Elaborato ED02, ed alle tavole grafiche allegate.

L'illuminazione della rotatoria e dei relativi raccordi, nonché del percorso ciclopedonale, è prevista con corpi illuminanti a led disposti su pali conici diritti con morsettiera disposti lungo il perimetro esterno in modo tale da garantire livelli di illuminamento e condizioni di uniformità tali da consentire il mutuo avvistamento dei veicoli, l'avvistamento di eventuali ostacoli e la corretta percezione della configurazione degli elementi dell'intersezione, nelle diverse condizioni che possono verificarsi durante l'esercizio diurno e notturno dell'infrastruttura, si veda verifiche illuminotecniche allegate all'Elaborato ED02. Oltre a ciò per l'attraversamento pedonale è prevista illuminazione dedicata. Le scelte progettuali sono state effettuate tenendo in considerazione la categoria illuminotecnica secondo UNI 11248, rispettando i valori di luminanza, illuminamento ed abbagliamento previsti dalle norme di settore.

Il nuovo impianto rispetterà inoltre la Legge Regionale 07.08.2009, n. 17, recante "Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici".

19. Accessi

Lungo i rami dell'intersezione in progetto non è prevista la realizzazione di nuovi accessi, intendendo per accessi le immissioni per veicoli da un'area o da un edificio privato alla strada di uso pubblico, ovvero le immissioni di una strada ad uso privato su una strada ad uso pubblico e viceversa.

20. Segnaletica

Per la segnaletica di progetto si rimanda alle tavole grafiche allegate. Tale rappresentazione è un bozzetto in scala che potrà essere integrato dalle autorità competenti.

La rotatoria potrà su richiesta degli enti essere materializzata in cantiere in via provvisoria, previa corretta creazione delle superfici bitumate e la realizzazione della segnaletica stradale verticale ed orizzontale, mediante la posa di elementi spartitraffico in materiale plastico o similare.

La segnaletica dovrà essere oscurata fino all'emissione della specifica ordinanza dell'amministrazione.

Tutta la segnaletica verticale dovrà essere installata come prescritto dal dall'art. 81 del Regolamento del C.d.S., in particolare:

- tutti i segnali da ubicare sul lato della sede stradale, segnali laterali, avranno il bordo verticale interno a distanza non inferiore a 0,30 ml e non superiore a 1,00 ml dal ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della banchina. In ogni caso i segnali non sporgeranno sulla carreggiata. I sostegni verticali dei segnali saranno collocati a distanza non inferiore a 0,50 ml dal ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della banchina;
- tutti i segnali rispetteranno l'altezza massima è di 2,20 ml;
- non sono previsti segnali al di sopra della carreggiata;
- il posizionamento dei vari tipi di segnale rispetterà quanto prescritto all'art. 81 commi da 7 a 10.

Tutta la segnaletica verticale, compresi i portalini, sarà su supporto a palo in conformità all'art. 82 del D.P.R. 495/92 e sarà installata a terra su plinto di fondazione di dimensioni 40 x 40 x 60 cm nel quale annegare tubo in PVC con diametri di mm 120-200. Il palo sarà fissato con sabbia pressata e caldana finale dello spessore di 3-5 cm.

La segnaletica orizzontale sarà del tipo:

- tipo A: vernice spartitraffico a solvente o ad acqua con post spruzzatura;
- classe R2: classe di retroriflessione in condizione d'illuminazione, con i proiettori dei veicoli, della segnaletica orizzontale in condizioni di asciutto, con valore di RI maggiore di 100 di coefficiente minimo di riflettanza retroriflessa;
- classe B2: Colore – fattore di luminanza conforme al prospetto 5 per la segnaletica orizzontale asciutta, conforme al prospetto 5 della norma UNI EN 1436 con fattore Beta maggiore a 0,30;
- classe S1: classe di resistenza al derapaggio espresso in unità SRT maggiore di 45;
- la vita utile della segnaletica orizzontale dovrà essere di minimo 8 mesi.

La segnaletica orizzontale relativa ad attraversamenti pedonali, strisce trasversali di arresto e precedenza sarà del tipo:

- tipo B: colato plastico a freddo, a spruzzo di tipo strutturato;
- classe Q3: classe di retroriflessione in condizioni di illuminazione diffusa, per segnaletica orizzontale asciutta, con valore di Qd maggiore a 130 di coefficiente minimo di luminanza;
- classe R4: classe di retroriflessione in condizioni di illuminazione, con i proiettori dei veicoli, della segnaletica orizzontale in condizioni di asciutto, con valore di RI maggiore di 50 di coefficiente minimo di luminanza retrioriflessa;

- classe RW3: classe di retroriflessione in condizione di illuminazione, con i proiettori dei veicoli, della segnaletica orizzontale in condizioni di bagnato, con valore di RI maggiore di 50 di coefficiente minimo di luminanza retroriflessa;
- classe B3: Colore – fattore di luminanza conforme al prospetto 5 per la segnaletica orizzontale asciutta, conforme al prospetto 5 della norma UNI EN 1436 con fattore Beta maggiore a 0,40;
- classe S1: classe di resistenza al derapaggio espresso in unità SRT maggiore di 45;
- le strisce pedonali saranno eseguite con prodotto dotato di alta capacità di retroriflessione secondo norma UNI EN 1436;
- la vita utile della segnaletica orizzontale sopra menzionata dovrà essere di minimo 16 mesi.

21. Sottoservizi e studio delle interferenze

L'attività progettuale, così come nello spirito normativo del Codice dei Contratti Pubblici, è consistita nel censimento delle interferenze e nell'ulteriore approfondimento dello studio del territorio attraversato, analizzando le interferenze esistenti e provvedendo alla risoluzione delle stesse.

Si riporta in seguito il censimento delle infrastrutture tecnologiche presenti suddiviso per tipologia:

Interferenze aeree:

- Linea elettrica media tensione e bassa tensione ENEL S.p.A.: in attraversamento a via Rustignè in continuazione verso valle è presente linea aerea dell'Ente;
- Illuminazione pubblica Comune di Ponte di Piave: all'interno dell'area di progetto sono presenti 4 pali dell'attuale sistema di illuminazione stradale e relativi manufatti;
- Linea telefonica Telecom S.p.A.: è presente all'interno dell'area di progetto lato via Rustignè palo a supporto dei conduttori aerei della linea telefonica, linea che prosegue verso valle.

Interferenze superficiali:

- Non sono presenti linee ferroviarie o di trasporto su rotaia;
- Sono presenti fossi a cielo aperto;
- Sono presenti manufatti a servizio di fibra ottica, energia elettrica, telefonia (centraline, quadri, ecc.) su marciapiede all'esterno dell'area interessata dai lavori.

Interferenze interrato:

- Rete gas metano a BP Ascopiave S.p.A.: sotto il sedime di via della Vittoria e via Rustignè è presente linea a bassa pressione (BP) del gas metano con relativi stacchi;
- Rete fognaria Piave Servizi S.p.A.: sotto il sedime di via della Vittoria e via Rustignè è presente collettore fognario con pozzetti e relativi stacchi;
- Rete acquedottistica Piave Servizi S.p.A.: sotto il sedime di tutti i tronchi stradali è presente collettore dell'acquedotto con saracinesche e relativi stacchi;
- Linea elettrica ENEL S.p.A.: sono presenti conduttori interrati dell'Ente;
- Linea telefonica Telecom S.p.A.: sono presenti conduttori interrati dell'Ente e relativi pozzetti;
- Illuminazione pubblica Comune di Ponte di Piave: sotto il sedime stradale sono presenti i cavidotti della linea di pubblica illuminazione con relativi pozzetti;
- Fibra ottica: sono presenti conduttori interrati dell'Ente;
- Parere archeologico: tenuto conto che l'intervento prevede operazioni di scavo limitate ad alcuni punti in aree già urbanizzate non si ritiene necessario l'inoltro alla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per l'area metropolitana di Venezia e le Province di Belluno, Padova e Treviso;

- Rete delle acque bianche Consorzio di Bonifica Piave: l'Ente ha rilasciato parere favorevole 98085 PB/LP/PP/TF/cf sulla relazione di compatibilità idraulica comprensiva anche del progetto in oggetto.

Si evidenziano nel seguente paragrafo le misure adottate per le varie infrastrutture di rete.

22. Analisi e risoluzioni delle interferenze

Alla luce di quanto sopra esposto sono state adottate le seguenti misure per le varie reti, specificando che nelle aree ove previsti scavi per maggiore sicurezza si ritiene necessario effettuare dei sondaggi in concomitanza con le operazioni di scavo per verificare l'eventuale presenza di reti interrato non segnalate e per la risoluzione delle interferenze con le reti interrato l'operatore allo scavatore dovrà essere continuamente assistito da un operaio per i necessari sondaggi e scavi a mano:

- Fibra ottica: non sono previsti interventi su infrastrutture di rete in fibra ottica né su manufatti a servizio. Eventuali interferenze verranno risolte variando la quota di posa dei nuovi cavidotti/tubazioni;
- Consorzio di Bonifica Piave: l'area oggetto di intervento è stata oggetto di valutazione di compatibilità idraulica cui si rimanda, Elaborato ED04, con parere favorevole 98085 PB/LP/PP/TF/cf da parte del Consorzio Piave. Tenuto conto che l'opera su cui ha espresso parere il Consorzio sviluppata in un primo momento, presentava caratteristiche dimensionali molto maggiori rispetto alla soluzione progettuale ivi presentata si ritiene, tenuto conto che la nuova superficie impermeabilizzata è inferiore a 200 mq pertanto trattasi di trascurabile impermeabilizzazione potenziale per cui non serve produrre valutazione di compatibilità idraulica e che è previsto il solo tombamento di un tratto di 22 m già autorizzato con il Parere di cui sopra di non realizzare il bacino di laminazione previsto ma semplicemente di adottare buoni criteri costruttivi in accordo alla D.g.r. n. 2948 del 06.10.2009. Nella posa delle nuove tubazioni per le acque meteoriche e relativi manufatti andrà prestata attenzione durante le operazioni di scavo pur tuttavia non prevedendo interferenze che nel caso saranno risolte variando la quota di posa delle nuove tubazioni;
- Illuminazione pubblica Comune di Ponte di Piave: l'attuale linea verrà dismessa e sostituita con una di nuova realizzazione. L'interferenza dei nuovi cavidotti con le altre reti verrà risolta variandone la quota rispetto ad essi. I nuovi pali dell'illuminazione saranno posizionati a distanza congrua con la normativa dalle linee aeree presenti e dalla sede stradale. Nel rimuovere i vecchi pali bisognerà prestare attenzione alle linee elettriche aeree secondo CEI 11-27. Come visibile da tavole grafiche allegate i plinti dei pali della pubblica illuminazione sono stati previsti in posizione tale da evitare interferenze;
- Linea telefonica Telecom S.p.A.: viene prevista l'eliminazione di un palo dell'attuale linea con interrimento della stessa come da elaborati grafici. Le eventuali interferenze verranno risolte variando la quota di posa dei nuovi cavidotti;
- Linee elettriche ENEL S.p.A.: non si prevedono interventi su rete di distribuzione dell'energia elettrica. Nella movimentazione di materiali al di sotto delle linee aeree presenti bisognerà prestare attenzione alle linee elettriche aeree secondo CEI 11-27. Non si rilevano per tale servizio ulteriori interferenze di sorta connesse all'opera in progetto. Eventuali interferenze verranno risolte variando la quota di posa dei nuovi cavidotti/tubazioni;
- Rete acquedottistica Piave Servizi S.p.A.: la rete acquedottistica non subirà alcuna modifica e non presenta interferenze che necessitano di particolari attenzioni fermo restando le normali attenzioni da porre in essere durante le fasi di scavo in prossimità della rete. Eventuali interferenze verranno risolte variando la quota di posa dei nuovi cavidotti/tubazioni;
- Rete fognaria Piave Servizi S.p.A.: la rete fognaria non subirà alcuna modifica e non presenta interferenze che necessitano di particolari attenzioni salvo il porre attenzione durante le

lavorazioni di scavo. Eventuali interferenze verranno risolte variando la quota di posa dei nuovi cavidotti/tubazioni;

- Rete gas metano a BP Ascopiave S.p.A.: non sono previste lavorazioni e/o modifiche sulle attuali linee. La linea dovrà in ogni caso essere picchettata con tecnico dell'Ente gestore. Si dovrà prestare particolare attenzione durante le operazioni di scavo per la posa della nuova rete meteorica e della pubblica illuminazione, previste comunque ad una quota maggiore, e le eventuali interferenze riscontrabili nel corso delle lavorazioni saranno disciplinate secondo le disposizioni previste dal D.M. 16 aprile 2008 "Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e dei sistemi di distribuzione e di linee dirette del gas naturale con densità superiore a 0,8" e della Norma UNI 10576 "Protezione delle tubazioni gas durante i lavori nel sottosuolo" adottata con D.M. 26 marzo 2004.

In sintesi dunque le interferenze saranno facilmente gestite con variazioni di quota tra i vari sottoservizi in progetto non rilevando interferenze che non possano essere risolte con sfasamenti di quota, congrue distanze tra linee parallele, attenzioni durante lo scavo e la movimentazione di manufatti fuori terra come i pali della pubblica illuminazione.

Naturalmente tutti i chiusini presenti verranno messi in quota con la nuova pavimentazione.

23. Cronoprogramma

L'opera può essere suddivisa essenzialmente in 2 fasi lavorative, una prima che coinvolge il tratto attualmente a verde e l'altra che insiste sulle aree attualmente pavimentate. La scelta di suddividere l'opera in tali fasi lavorative consente di garantire il minor disagio possibile alla viabilità dell'area senza tuttavia comprometterne la corretta realizzazione ed un'ottimizzazione dei tempi.

Il tempo previsto per la realizzazione dell'opera è di 90 giorni naturali e consecutivi.

Per i dettagli sulle lavorazioni e sulla viabilità delle varie fasi lavorative previste si rimanda all'elaborato ED09, cronoprogramma, ed al P.S.C., Elaborato ED10 oltre che agli elaborati grafici allegati.

24. Computo metrico estimativo

Nella formulazione dell'elenco prezzi unitari e del computo metrico estimativo allegati al progetto sono stati prioritariamente adottati prezzi derivanti dal Prezziario della Regione Veneto vigente. Per tutti i casi in cui non esiste riscontro nel prezziario sopracitato sono stati considerati i prezzi di mercato derivanti da preventivi e/o da "analisi dei prezzi" delle lavorazioni che compongono le varie voci di spesa, comprendendo materiali, manodopera e impiego di mezzi d'opera e attrezzature varie meccaniche, elettriche e manuali, oltre alle certificazioni previste per legge. Tali valutazioni sono state eseguite con riferimento al Prezziario Ufficiale della Regione del Veneto e, ove trattasi di lavorazioni che non sono contemplati nel prezziario citato, è stato fatto riferimento a lavorazioni analoghe effettuate per altre opere simili di recente realizzazione e/o effettuata indagine di mercato con preventivo a ditte specializzate operanti nei vari settori.

Nell'ambito del cantiere sono previsti interventi da parte degli Enti gestori dei servizi in rete per gli adeguamenti necessari e richiesti con riferimento al nuovo assetto viario. A tal proposito tali Enti interverranno all'interno dell'area di cantiere con proprio personale coordinati dalla Direzione dei Lavori per le lavorazioni, dismissioni, spostamenti ed altro sulle reti tecnologiche presenti. Nello specifico gli Enti coinvolti sono: TIM S.p.A.. Relativamente alla sicurezza del cantiere, l'attività di tutto il personale operante in cantiere sarà coordinata dal CSE. I costi relativi agli interventi sulle

reti sono a carico dell'Amministrazione, parte B "somme a disposizione" del quadro economico, mentre gli interventi richiesti specificatamente dall'Impresa per tracciamenti reti, interventi di riparazione, eventuale assistenza saranno a carico dell'Impresa stessa qualora non specificatamente previsti nelle voci del presente computo metrico estimativo.

25. Sicurezza del cantiere

La realizzazione dell'opera comprende il coinvolgimento di più tronchi stradali, tra cui un'asse viario rilevante quale la S.P. n. 117. L'intervento è stato suddiviso in 2 fasi lavorative. Il Piano di Coordinamento e Sicurezza ha considerato tale impostazione valutando tutte le fasi con le lavorazioni previste, analizzando i rischi, le interferenze ed in generale tutte le problematiche relative alla sicurezza del cantiere. Il PSC ha quindi definito compiutamente l'assetto viario per ogni fase comprendendo sia gli aspetti realizzativi dell'opera quanto le condizioni di viabilità, ovviamente anche provvisoria, con rappresentazione grafica oltre che descrittiva.

La scelta di suddividere l'opera in più fasi lavorative, con un'area di cantiere fissa e zone di lavorazioni diverse per ogni fase, consente di garantire il minor disagio possibile alla viabilità dell'area senza tuttavia comprometterne la corretta realizzazione dell'opera e garantisce allo stesso tempo un'ottimizzazione dei tempi di realizzazione dell'opera.

Il PSC è stato completato con la valutazione dei costi della sicurezza, facendo riferimento a prezziari ufficiali, Prezziario della Regione Veneto.

26. Quadro economico

Il quadro economico è stato predisposto con aggiornamento dell'Elaborato già predisposto per precedente progetto. Specificatamente per la parte A "Lavori di progetto" sono stati adeguati gli importi definendo costi delle lavorazioni, a corpo e a misura, e gli oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta. A tal proposito con la redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento sono stati definiti i costi della sicurezza con analisi dettagliata del cantiere e delle fasi lavorative e transitorie per la viabilità.

Per la parte B "Somme a disposizione" sono state definite le varie poste secondo l'articolazione del progetto che ha considerato i pareri degli Enti gestori dei servizi in rete.

27. Elenco elaborati del progetto

Elaborati descrittivi:

ED01-Relazione tecnico illustrativa
ED02-Relazione pubblica illuminazione
ED03-Relazione geologica
ED04-Relazione idraulica
ED05-Computo metrico estimativo
ED06-Elenco prezzi unitari e analisi prezzi
ED07-Quadro di incidenza della manodopera
ED08-Quadro economico
ED09-Cronoprogramma
ED10-Piano di Sicurezza e coordinamento
ED11-Fascicolo dell'opera
ED12-Capitolato speciale d'appalto

ED13-Schema di contratto

ED14-Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti

ED15-Relazione tecnica di non necessità della procedura di valutazione di incidenza

ED16-Prospetto delle aree e delle proprietà

Elaborati grafici:

EG01-Inquadramento territoriale e urbanistico

EG02-Planimetria e rilievo piano altimetrico stato di fatto

EG03-Planimetria generale stato di progetto

EG04-Planimetria di dettaglio stato di progetto

EG05-Sezioni trasversali

EG06-Planimetria stato comparativo

EG07-Reti tecnologiche SdF e SdP

EG08-Planimetrie verifiche di visibilità

EG09-Planimetrie verifiche di inscrivibilità

EG10-Planimetria pubblica illuminazione

EG11-Planimetria segnaletica

EG12-Layout P.S.C.