

4.1.01.a-P

PROVINCIA DI PISA
Settore Viabilità, Trasporti e Protezione Civile



**APPALTO CONGIUNTO PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA E LA REALIZZAZIONE DEI
LAVORI, INERENTE LA VIABILITÀ DI RACCORDO NORD TRA IL NUOVO POLO OSPEDALIERO,
LA S.S. N. 12 DEL BRENNERO, LA S.S. N. 1 AURELIA E LA S.P. N. 2 VICARESE**

**TRATTO FUNZIONALE TRA I NODI 1-2
VARIANTE AL c.a. DI MADONNA DELL'ACQUA - S.GIULIANO TERME**

PROPOSTA TECNICA MIGLIORATIVA

PROGETTAZIONE:



Ing. Livio Radini
Albo degli Ingegneri
Provincia di Lucca n. A776

ATI IMPRESE:



Dott. Carlo Agnese S.p.A.
Corso Italia, 50
20122 - Milano - (MI)



Impresa Forti SpA
Via Archimede Bellatalla, 10
56121 - Ospedaletto - (PI)



IGP Giuliani Piero s.r.l.
Via Sterpulino 9-15
56121 - Pisa - (PI)

C					
B					
A	Gennaio 2026	Emissione Variante	M. PIANIGIANI	M. PIANIGIANI	L. RADINI
EM./RE.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

**AMBITO STRADALE
PARTE GENERALE**

RELAZIONE TECNICA E DI RISPONDEZZA ALLA NORMATIVA STRADALE - VARIANTE

Scala:

CODICE IDENTIFICATIVO:	558ESTDGEN01C	CIG 9532901EC1
-------------------------------	----------------------	-----------------------

Il Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Cristiano Ristori

Il Direttore dell'esecuzione

Ing. Erika Banti

INDICE

1. INTRODUZIONE	5
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	6
3. CARATTERISTICHE FUNZIONALI.....	7
4. Organizzazione della sede stradale	7
5. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	7
6. INTERSEZIONI.....	10
6.1. IL LIVELLO DI SERVIZIO – LOS (LEVEL OF SERVICE) E LA STIMA DEL 90° PERCENTILE DELLA LUNGHEZZA MEDIA DELLA CODA	10
6.2. VERIFICA FUNZIONALE DELLA ROTATORIA NODO 2.....	11
6.3. VERIFICHE GEOMETRICHE DELLE ROTATORIE DI PROGETTO	12
6.3.1. Verifica angolo di deviazione.....	12
6.3.2. Verifica di visibilità delle rotatorie di progetto.....	13
7. CORPO STRADALE	15
8. VIABILITÀ LOCALI E PISTE CICLABILI.....	15
9. DISTANZE DA RISPETTARE NELL'EDIFICAZIONE	15



1. INTRODUZIONE

Il presente documento, redatto nell'ambito della Variante al Progetto Esecutivo del tratto funzionale tra i nodi 1 e 2, denominato "Lotto Stralcio 1-2", della più ampia viabilità di raccordo nord tra il nuovo polo ospedaliero, la S.S.12 del Brennero, la S.S.1 Aurelia e la S.P.2 Vicarese, costituisce soltanto una **specifica sui rispetti normativi della Variante stessa, fermi restando tutti gli altri contenuti della relazione tecnica del Progetto Esecutivo alla quale si rimanda per una visione esaustiva.**

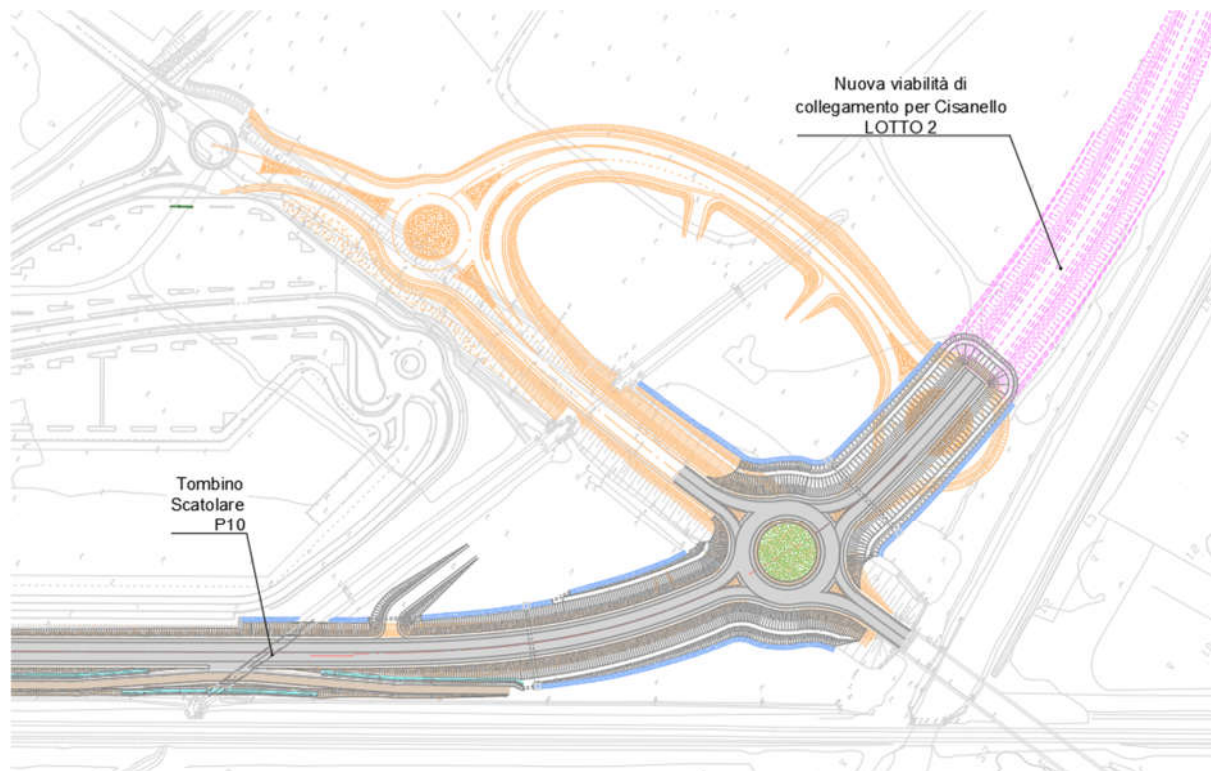


Fig.1.1– Planimetria dello Stato Sovrapposto tra configurazione di Variante e Progetto Esecutivo graficizzato in colore arancio.

Nello specifico la **Variante prevede di innestare il nuovo ramo stradale** che nel Progetto Esecutivo univa il nodo 1 al nodo 2a **direttamente sulla livelletta del rilevato della attuale S.S.1 Aurelia**, prevedendo la realizzazione di una rotatoria, ora denominata "nodo 2", all'intersezione tra la nuova viabilità e la S.S.1 Aurelia stessa in prossimità dell'esistente viadotto che scavalca la linea ferroviaria ed il fiume Morto Nuovo.

La conseguenza di quanto sopra è l'**eliminazione dell'opera stradale denominata "Svincolo Nodo 2a-2b"**, composto dalle due rotatorie denominate "2a" e "2b", dal ramo stradale che le collegava, e l'**eliminazione dell'annessa opera d'arte denominata "Opera X"**, identificabile come viadotto a servizio dell'esistente ramo della S.S.1 Aurelia al fine di scavalcare la nuova viabilità che nel Progetto Esecutivo univa il nodo 1 al nodo 2a.

Sulla nuova rotatoria prevista in Variante si innesterà da est il ramo stradale funzionale ad un altro progetto denominato "Lotto Stralcio 2-3" per il collegamento con la Via Pietrasantina.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il progetto è stato redatto in conformità alle normative tecniche e legislative attualmente vigenti ed in particolare si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- Normativa Italiana strade
 - D.Lg.vo n. 285/92 e s.m.i. – “Nuovo Codice della Strada”
 - D.P.R. n. 495/92 e s.m.i. – “Regolamento di esecuzione e attuazione del Nuovo Codice della Strada”
 - D.Min.Infrastrutt.Trasporti 5/11/2001 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” e s.m.i.
 - Legge Regionale 24 Aprile 2006 – n°7 “Norme tecniche per la progettazione delle strade”
 - D. Min. 19 aprile 2006 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”
- Normativa quadro Europea barriere sicurezza
 - UNI-EN 1317-1 (Agosto 2010) – Sistemi di ritenuta stradali - Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova
 - UNI-EN 1317-2 (Agosto 2010) – Sistemi di ritenuta stradali - Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari
 - UNI-EN 1317-3 (Agosto 2010) – Sistemi di ritenuta stradali - Parte 3: Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto
 - UNI-EN 1317-4 (Maggio 2003) – Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d'urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza
 - UNI-EN 1317-5 (Maggio 2012) – Sistemi di ritenuta stradali - Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli
- Normativa Italiana barriere sicurezza
 - D.M.LL.PP. n. 233/92 – Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza
 - D.M.LL.PP. n. 4621/96 – Aggiornamento del D.M.LL.PP. n. 233/92, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza
 - D.M.LL.PP. 03/06/1998 – Ulteriore aggiornamento del D.M.LL.PP. n. 233/92 e s.m.i., recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza
 - D.M.LL.PP. 11/06/1999 – Integrazioni e modificazioni al D.M.LL.PP. 03/06/1998 recante “Aggiornamento del D.M.LL.PP. n. 233/92 e s.m.i., recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”
 - D.Min.Infrastrutt.Trasporti 21/06/2004 “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”
 - Direttiva D.Min.Infrastrutt.Trasporti 25/08/2004 – “Criteri di Progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”
 - DM 28.06.2011 “Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”

3. CARATTERISTICHE FUNZIONALI

Il tracciato stradale che collega i nodi 1 e 2 in configurazione di Variante **non presenta alcuna modifica planimetrica rispetto a quanto previsto nel Progetto Esecutivo** in merito al tratto che veniva individuato tra i nodi 1 e 2a.

Pertanto, al netto di quanto argomentato per il tratto compreso tra i nodi “2a” e “2b” che non verrà più realizzato, per il resto vale tutto quanto descritto al capitolo 3 della relazione tecnica del Progetto Esecutivo.

4. ORGANIZZAZIONE DELLA SEDE STRADALE

Al netto di quanto argomentato per il tratto compreso tra i nodi “2a” e “2b” che non verrà più realizzato, per il resto vale tutto quanto descritto al capitolo 4 della relazione tecnica del Progetto Esecutivo.

5. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Il tracciato di progetto si compone unicamente del tratto compreso tra i nodi 1-2 e, come già anticipato, Il tracciato stradale in configurazione di Variante che collega i suddetti nodi **non presenta alcuna modifica planimetrica rispetto a quanto previsto nel Progetto Esecutivo** in merito al tratto che veniva individuato tra i nodi 1 e 2a.

Di contro la modifica all’andamento altimetrico della Variante si materializza a partire dalla sezione trasversale denominata “Scat_P10” a partire dalla quale, con un raccordo verticale concavo di raggio $R_v = 3.280$ m, si innalza una livelletta a pendenza 2,70% seguita da un raccordo verticale convesso di raggio $R_v = 700$ m sul quale si imposta la Rotatoria nodo 2. Da qui al fine intervento inizia una livelletta discendente con pendenza -2,70% per il collegamento con il Lotto 2.

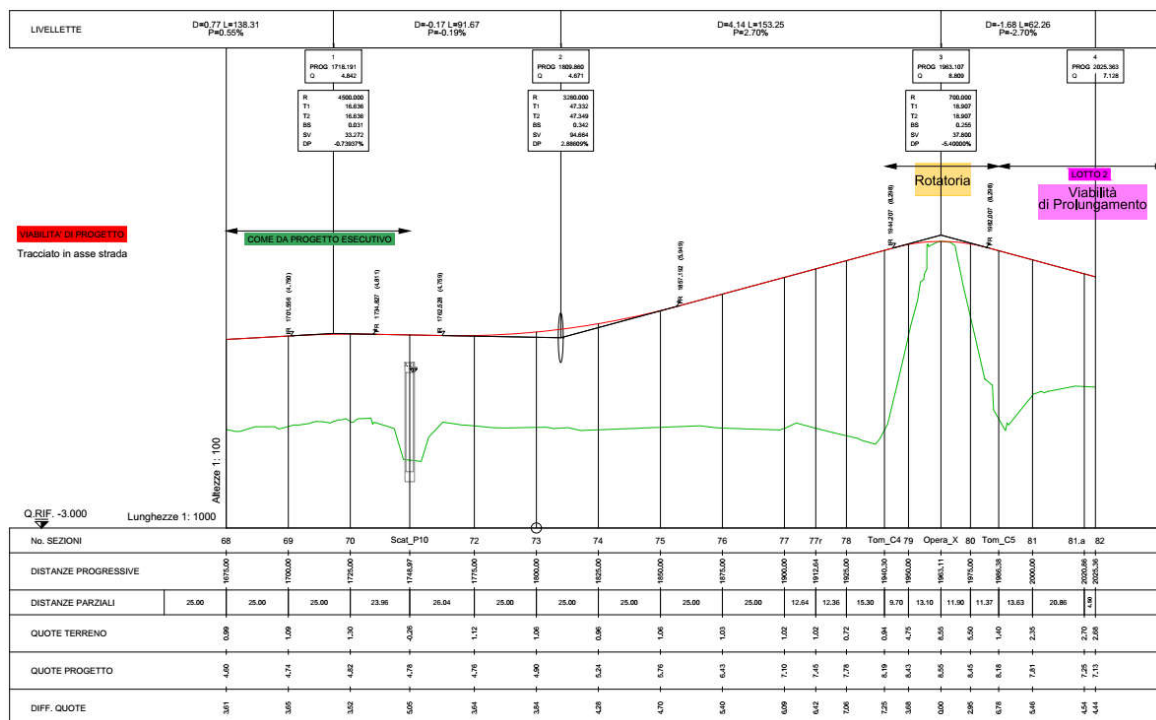


Fig.5.1– Profilo Longitudinale del tratto oggetto di Variante

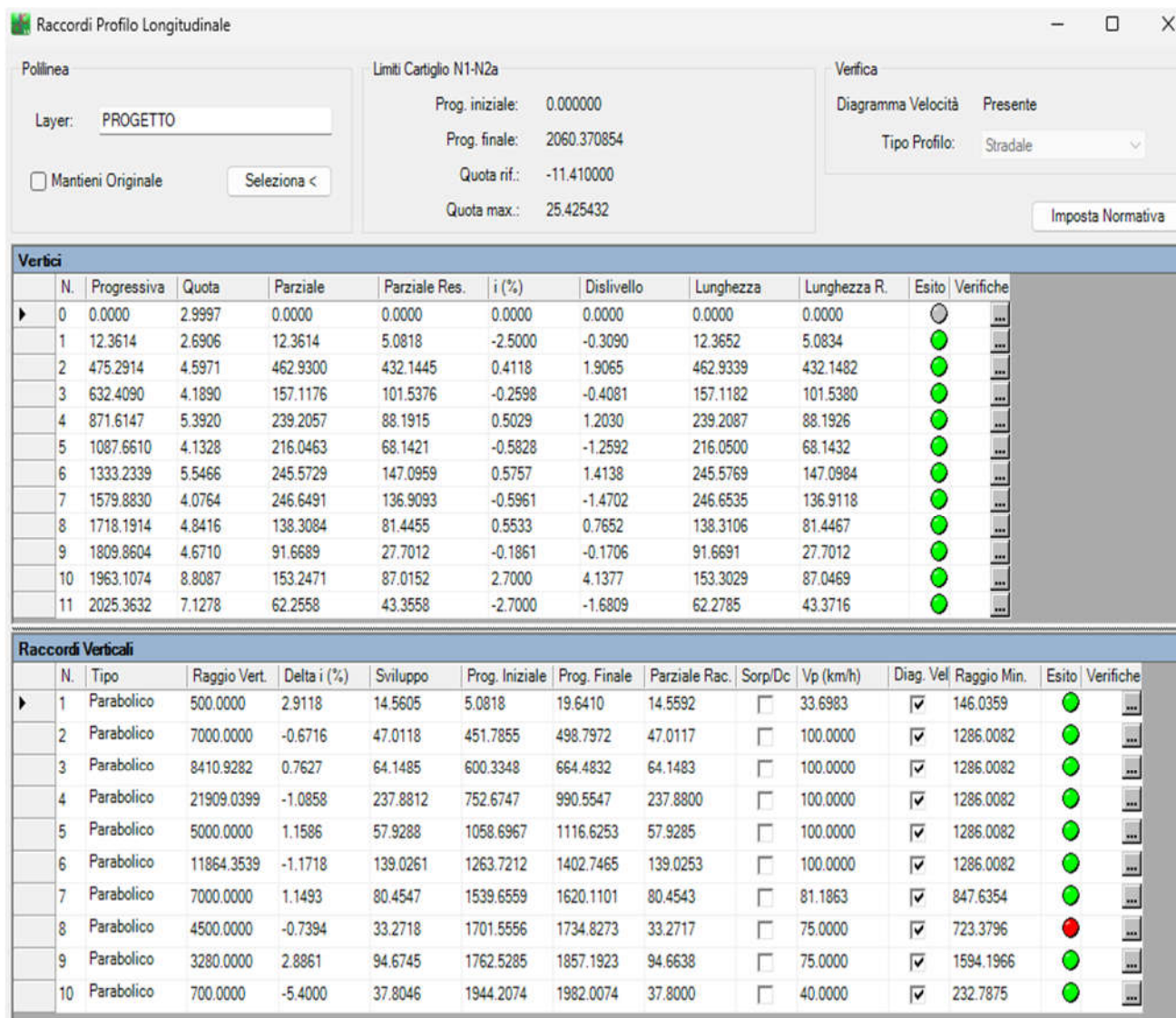


Fig.5.2– Report verifiche normative altimetriche estratto dal programma Civil Design.

Nell'immagine sopra le livellette interessate dalla Variante sono la n.9 e la n.10 mentre i raccordi verticali interessati dalla variante il n.9 ed il n.10. Le spunte di verifica risultano tutte verdi.

Il raccordo verticale n.8, posto presso lo scatolare P10, presenta una spunta rossa **ma tale raccordo era già presente nel Progetto Esecutivo** e comunque la mancata verifica si riferisce a parametri secondari:

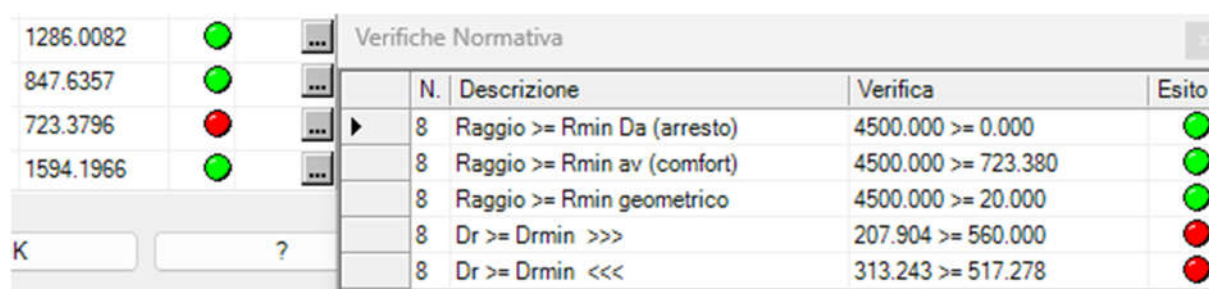


Fig.5.3– Report verifiche normative altimetriche estratto dal programma Civil Design.

Lungo la S.S.1 Aurelia invece le altimetrie sono dettate dallo stato attuale dell'arteria stradale. La pendenza longitudinale della livelletta di salita verso il viadotto che scavalca il Fiume Morto Nuovo e la linea ferroviaria presenta una pendenza pari al 2,6% sulla quale si imposta la rotatoria nodo 2. Di contro, provenendo da sud, la livelletta di salita ha una pendenza pari al 2,5% e si innesta sul viadotto con un raccordo verticale convesso di raggio $R_v = 1.360$ m, segue un tratto esteso per circa 47 m in discesa con pendenza 0,11% che rende il piano viabile sul viadotto praticamente orizzontale. Al termine dell'opera di scavalco vi è un raccordo verticale convesso di raggio $R_v = 1.160$ m, seguito da una discesa con pendenza 3,7% che, a sua volta, si innesta sulla livelletta di discesa con pendenza al 2,6% con un raccordo verticale di raggio $R_v = 1.300$ m.

Per una visione d'insieme si rimanda allo specifico elaborato grafico:

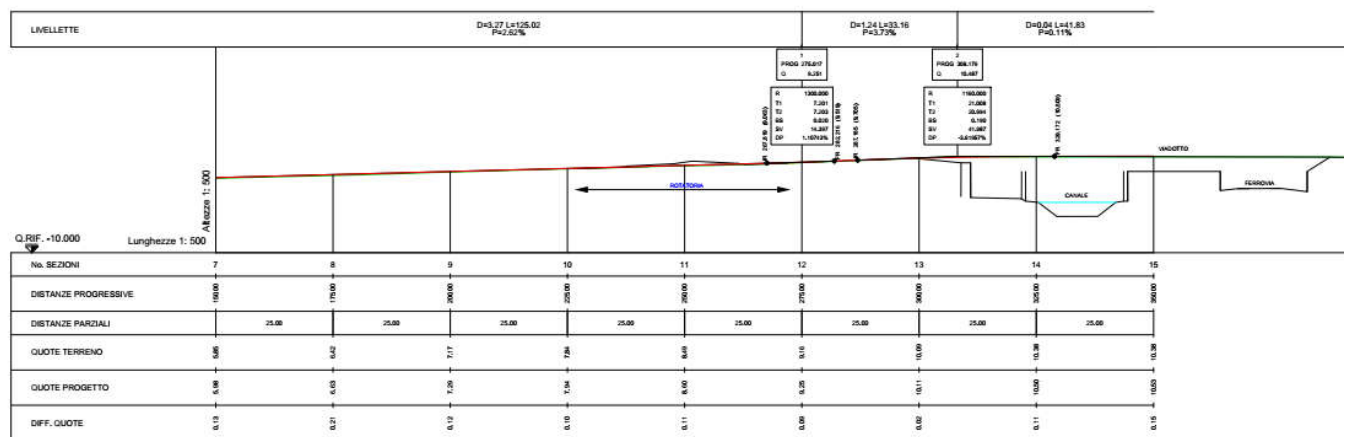


Fig.5.4– Profilo Longitudinale lungo la S.S.1 Aurelia.

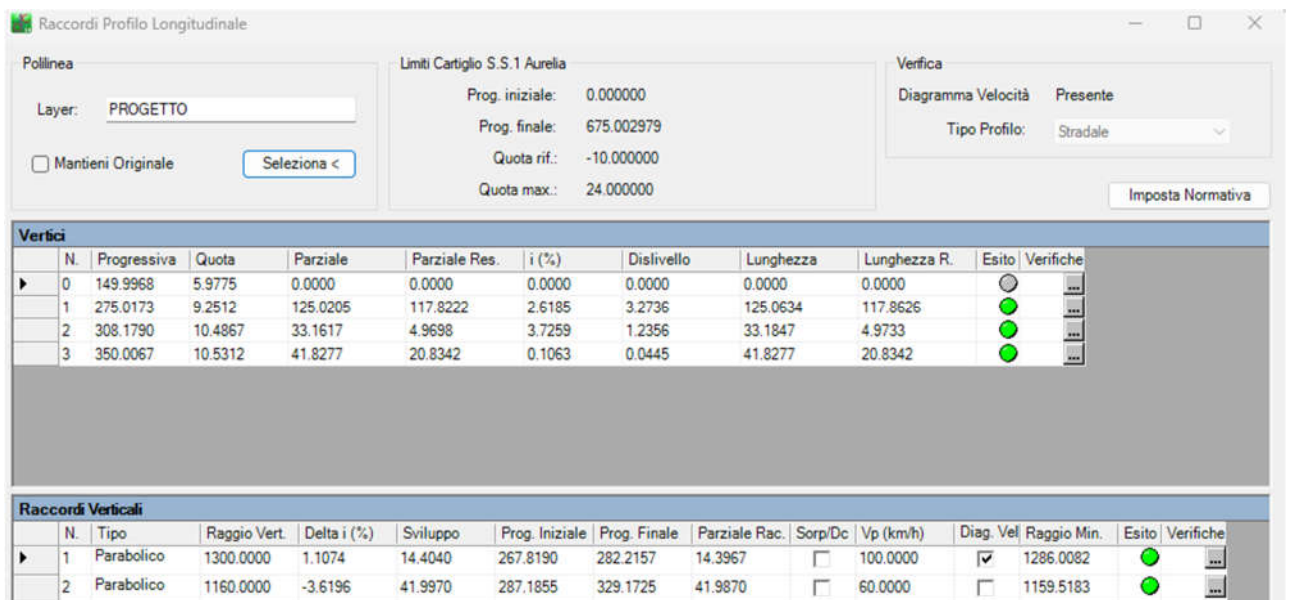


Fig.5.5– Report verifiche normative altimetriche estratto dal programma Civil Design.

In termini di verifiche per la distanza di visibilità per l'arresto i raccordi verticali da considerare sono:

- $R_v = 1.685$ m sulla nuova viabilità che implica un **limite di velocità pari a 70 Km/h**;
- $R_v = 1.160$ m sulla S.S.1 Aurelia che implica un **limite di velocità pari a 50 Km/h** provenendo da sud;

6. INTERSEZIONI

Nel progetto in configurazione di Variante la rotatoria di cui al nodo 1 resta inalterata rispetto al progetto Esecutivo, mentre sul nodo 2 di intersezione tra la S.S.1 Aurelia e la nuova viabilità è prevista una rotatoria con le seguenti caratteristiche:

- Diametro Esterno (alla linea della segnaletica) = 42,00 m;
- Ingressi ad 1 corsia con Larghezza = 3,50 m;
- Uscite con larghezza = 4,50 m;
- Anello giratorio larghezza = 6,00 m;
- Banchina esterna ed interna larghezza = 1,50 m;
- Isola centrale a verde di raggio = 13,50 m (esclusa la corona giratoria sormontabile);
- Corona giratoria sormontabile di larghezza = 1,50 m (quest'ultima per far accostare i mezzi riservati alla manutenzione del verde)

Fermo restando tutto quanto argomentato al capitolo 6 della relazione del Progetto Esecutivo al netto dei nodi "2a" e "2b", andiamo di seguito a focalizzarci sulla rotatoria introdotta con la Variante.

6.1. IL LIVELLO DI SERVIZIO – LOS (LEVEL OF SERVICE) E LA STIMA DEL 90° PERCENTILE DELLA LUNGHEZZA MEDIA DELLA CODA

La definizione operativa di livello di servizio LOS per le rotatorie è associata al **ritardo** (delay), ovvero ai tempi di attesa in ingresso. I livelli sono distinti da sei lettere, da A a F, in ordine decrescente di qualità di circolazione. I limiti di separazione tra i livelli A e B, D ed E, E ed F segnano, rispettivamente, il passaggio del deflusso da **libero** a stabile, da **stabile** ad instabile e da **instabile** a **forzato**.

In generale le condizioni di marcia dei veicoli ai vari LOS sono definibili come segue:

- A: gli utenti non subiscono interferenze alla propria marcia, hanno elevate possibilità di scelta delle velocità desiderate (libere); *il comfort è notevole*;
- B: la più alta densità rispetto a quella del livello A comincia ad essere avvertita dai conducenti che subiscono lievi condizionamenti alle libertà di manovra ed al mantenimento delle velocità desiderate; *il comfort è discreto*;
- C: le libertà di marcia dei singoli veicoli sono significativamente influenzate dalle mutue interferenze che limitano la scelta delle velocità e le manovre all'interno della corrente; *il comfort è definibile modesto*;
- D: è caratterizzato da alte densità ma ancora da stabilità di deflusso; velocità e libertà di manovra sono fortemente condizionate; modesti incrementi di domanda possono creare problemi di regolarità di marcia; *il comfort è basso*;
- E: rappresenta condizioni di deflusso che comprendono, come limite inferiore, la capacità; le velocità medie dei singoli veicoli sono modeste (circa metà di quelle del livello A) e pressoché uniformi; non c'è praticamente possibilità di manovra entro la corrente; il moto è instabile perché piccoli incrementi di domanda o modesti disturbi (rallentamenti, ad esempio) non possono più essere facilmente riassorbiti da decrementi di velocità e si innesca così la congestione; *il comfort è bassissimo*;
- F: il flusso è forzato: tale condizione si verifica allorché la domanda di traffico supera la capacità di smaltimento della sezione stradale utile (ad es. per temporanei restringimenti dovuti ad

incidenti o manutenzioni) per cui si hanno code di lunghezza crescente, bassissime velocità di deflusso, frequenti arresti del moto, in un processo ciclico di stop-and-go caratteristico della marcia in colonna in condizioni di instabilità; non esiste comfort.

Confrontando i tempi di attesa in ingresso (delay) coi valori della tabella 17.2 del Manuale HCM2000 per le intersezioni non semaforizzate, ovvero la tabella 21-1 del manuale HCM 2010, si ottengono i corrispondenti livelli di servizio.

EXHIBIT 17-2. LEVEL-OF-SERVICE CRITERIA FOR TWSC INTERSECTIONS	
Level of Service	Average Control Delay (s/veh)
A	0-10
B	> 10-15
C	> 15-25
D	> 25-35
E	> 35-50
F	> 50

6.2. VERIFICA FUNZIONALE DELLA ROTATORIA NODO 2

Dall'elaborato "Studio di Traffico" redatto per la Variante risulta quanto segue:

Ramo	L.O.S.	Lunghezza di coda massima (mt)
Nord	A	7
Est	A	0
Sud	A	12
Ovest	A	19

Fig.6.1– Tabella risultante dalla simulazione

Per i dettagli si rimanda alla lettura dell'elaborato "Studio di Traffico".

6.3. VERIFICHE GEOMETRICHE DELLE ROTATORIE DI PROGETTO

6.3.1. Verifica angolo di deviazione

Dal punto di vista geometrico il criterio principale per definire una rotatoria riguarda il controllo della deviazione delle traiettorie in attraversamento del nodo. Infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati per mezzo dell'isola centrale. Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione β , bisogna aggiungere al raggio di entrata $R_{e,2}$ un incremento b pari a 3,50 m. Secondo quanto riportato al paragrafo 4.5.3 del D.M. 19/04/2006 raccomanda un valore dell'angolo di almeno 45° .

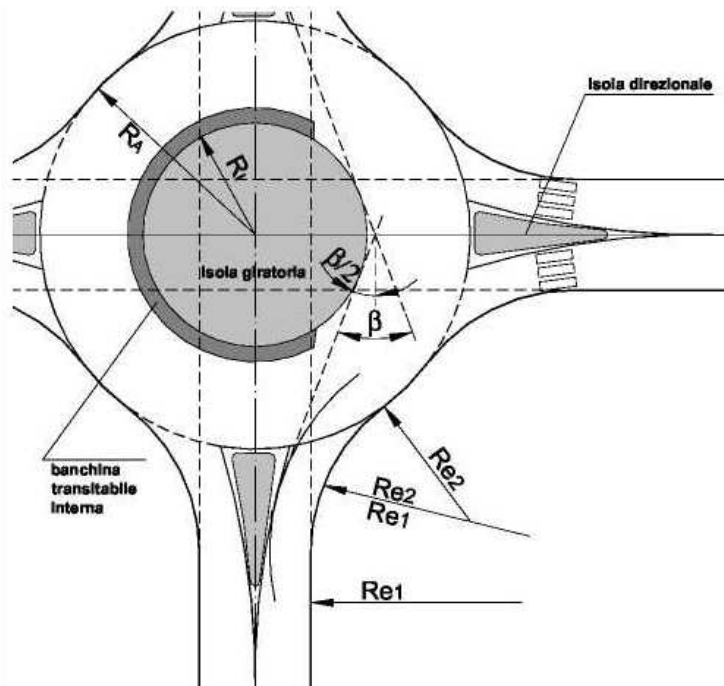


Fig.6.2– Angolo di deviazione secondo D.M. 19/04/2006

Di seguito si riportano i valori degli angoli di deviazione mostrati dettagliatamente anche in apposito elaborato grafico.

NODO 2 (oggetto della Variante)		
Da	a	Angolo di deviazione (°)
Ramo Ovest (nuova viabilità)	Ramo Est (Lotto 2)	64
Ramo Sud (S.S.1 Aurelia)	Ramo Nord (S.S.1 Aurelia)	57
Ramo Est (Lotto 2)	Ramo Ovest (nuova viabilità)	52
Ramo Nord (S.S.1 Aurelia)	Ramo Sud (S.S.1 Aurelia)	57

Come si evince dalla tabella gli angoli di deviazione delle traiettorie sono verificati su tutti i rami di ingresso in rotatoria.

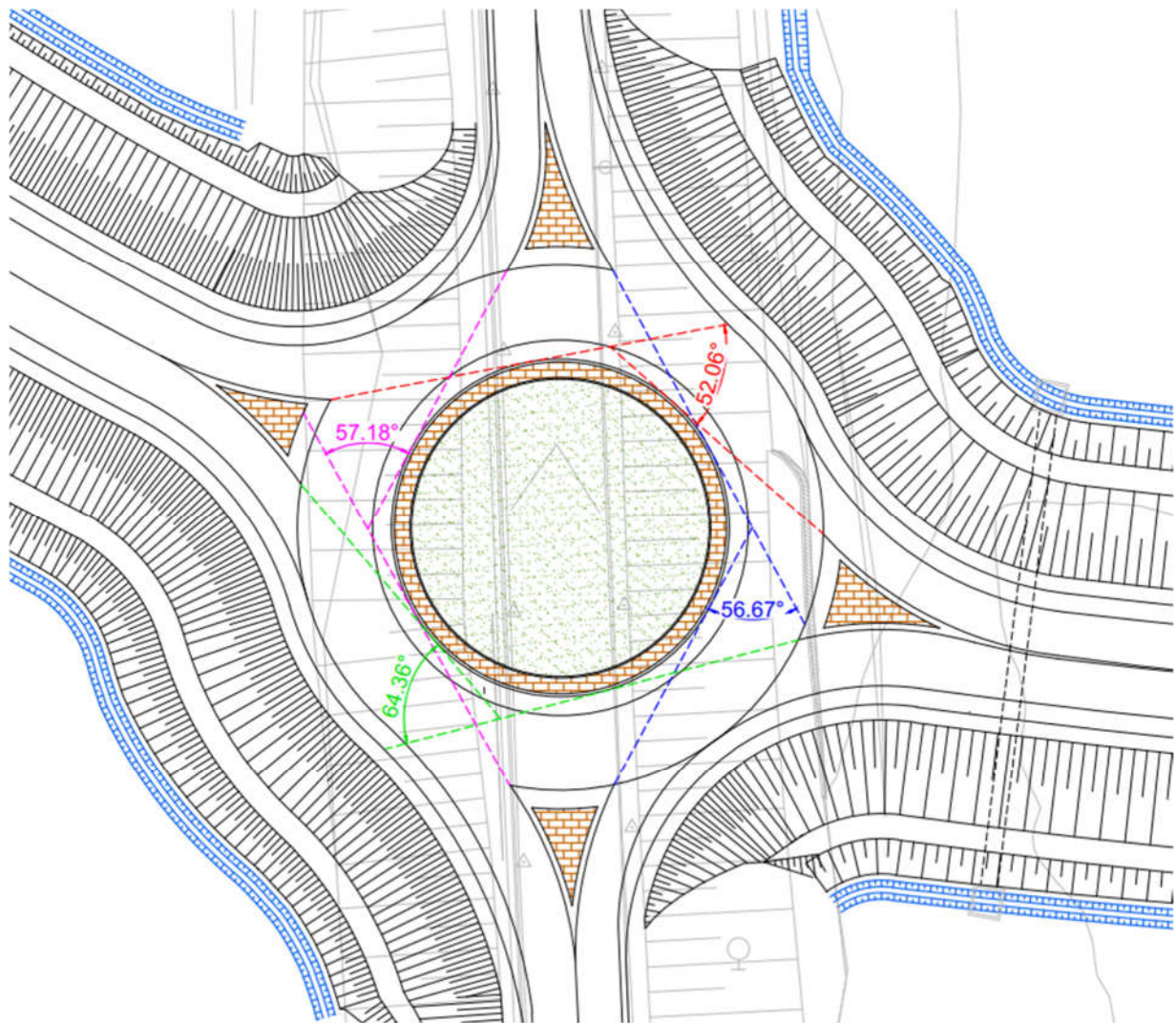


Fig.6.3– Risultanze sulla Verifica dell'Angolo di deviazione sulla rotatoria nodo 2.

6.3.2. Verifica di visibilità delle rotatorie di progetto

Si riportano le verifiche di visibilità del quarto di rotatoria così come richiesto dal D.M. del 2006 al paragrafo 4.6. In particolare, è stato verificato per tutti i rami di ingresso che un utente posto a 15 m dal ciglio esterno della corona, in mezzzeria alla corsia di ingresso più esterna (1.50 – 1.75 m dal ciglio esterno a seconda se sono presenti 2 o 1 corsie di ingresso) sia in grado di vedere senza ostacoli il quarto di rotatoria precedente.

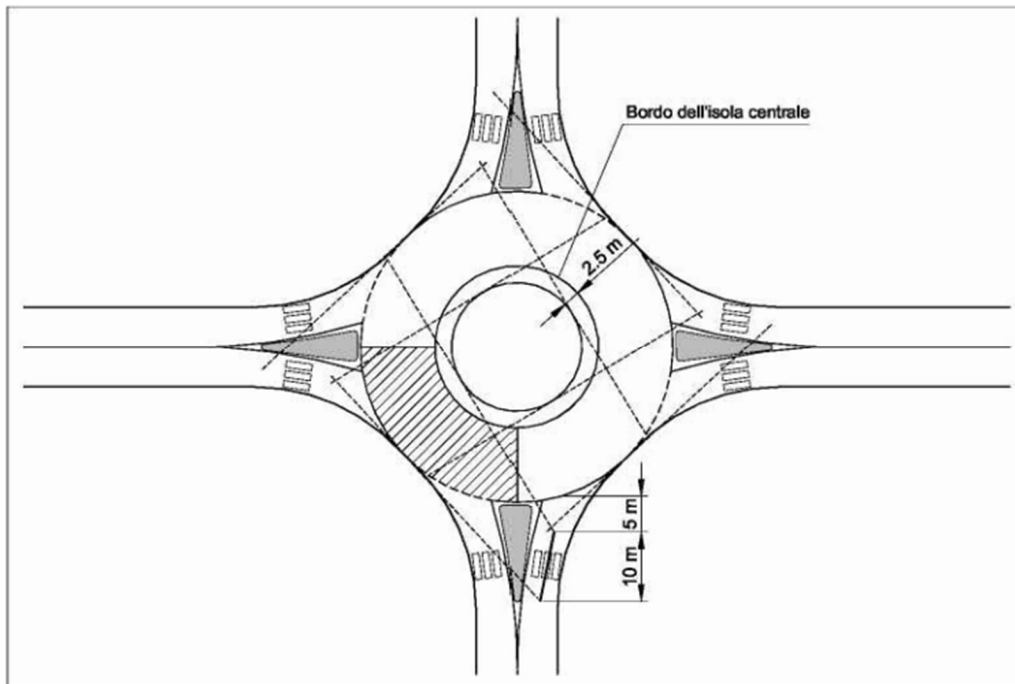


Fig.6.4– Campi di visibilità in intersezione a rotatoria

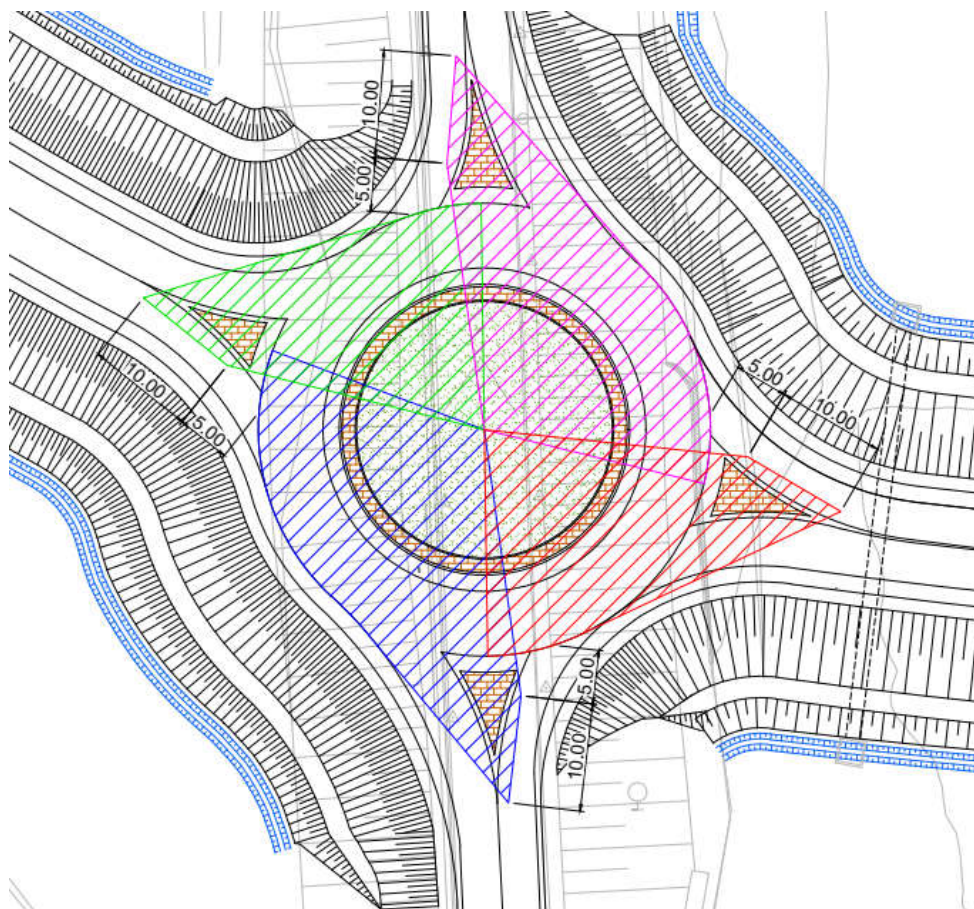


Fig.6.5– Risultanze sui Campi di visibilità della rotatoria nodo 2.

7. CORPO STRADALE

Al netto di quanto argomentato per il tratto compreso tra i nodi “2a” e “2b” che non verrà più realizzato, per il resto vale tutto quanto descritto al capitolo 4 della relazione tecnica del Progetto Esecutivo.

8. VIABILITÀ LOCALI E PISTE CICLABILI

Al netto di quanto argomentato per il tratto compreso tra i nodi “2a” e “2b” che non verrà più realizzato, per il resto vale tutto quanto descritto al capitolo 4 della relazione tecnica del Progetto Esecutivo.

9. DISTANZE DA RISPETTARE NELL'EDIFICAZIONE

Il D.M. n. 1404/1968 suddivide le infrastrutture stradali in 4 categorie in base alla loro natura e alle loro caratteristiche:

- A) Autostrade: autostrade di qualunque tipo (legge 7 febbraio 1961, n. 59, art. 4); raccordi autostradali riconosciuti quali autostrade ed aste di accessi fra le autostrade e la rete viaria della zona (legge 19 ottobre 1965, n.1197 legge 24 luglio 1961, n.729, art. 9);
- B) Strade di grande comunicazione o di traffico elevato: strade statali comprendenti itinerari internazionali (legge 16 marzo 1956, n. 371, allegato 1); strade statali di grande comunicazione (legge 24 luglio 1961, n. 729, art. 14); raccordi autostradali non riconosciuti; strade a scorrimento veloce (in applicazione della legge 26 giugno 1965, n. 717, art. 7);
- C) Strade di media importanza: strade statali non comprese tra quelle della categoria precedente; strade provinciali aventi larghezza della sede superiore o eguale a m. 10,50; strade comunali aventi larghezza della sede superiore o eguale a m. 10,50;
- D) Strade di interesse locale: strade provinciali e comunali non comprese tra quelle della categoria precedente.

Le infrastrutture in oggetto di progettazione ricadono nella categoria C e pertanto, in base allo stesso decreto, le distanze da rispettare nella edificazione al di fuori del perimetro dei centri abitati è pari a **30,00 m.**

La Variante in argomento rispetta quanto sopra.