

Regione Lombardia
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
207/10

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

E 1 0 0

D

b

0 0 2

0 A

- -

R 1

===

TRATTA SARONNO-COMO OPERE SOSTITUTIVE
PL KM 31+267 NEI COMUNI DI CADORAGO E LOMAZZO
Progetto Definitivo

SOTTOPASSO VEICOLARE SPUMADOR (LOMAZZO)
RELAZIONE TECNICA OPERE CIVILI, STRADALI E STRUTTURALI

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1	Maggio 2025	Revisione a seguito validazione		
	0	Luglio 2024	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Laura Stiriti

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE
Ing. Andrea Lucia Passarelli

Progettista



Collaborazione

APPing
Ingegneria Civile Applicata
APPing s.r.l.
www.apppingegneria.com
info@apppingegneria.com

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
SC	GM	AB	Dic. 2023
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. INQUADRAMENTO PROGETTUALE	6
3.1. Stato di Fatto	6
4. OGGETTO DELL'INTERVENTO	7
4.1. DESCRIZIONE DELLA VIABILITÀ	7
4.2. CRITERI PROGETTUALI	12
4.2.1. VIABILITA'	12
4.2.2. INTERSEZIONI	18
4.3. INFRASTRUTTURE DI PROGETTO – VIABILITA'	20
4.3.1. ASSE PRINCIPALE	20
4.3.2. ROTATORIE	22
4.3.3. PISTA CICLOPEDONALE	23
4.4. Interferenze	24
4.5. Smaltimento acque	24
4.6. Sistemazioni Esterne	26
5. FASI COSTRUTTIVE	29
6. MATERIALI UTILIZZATI	30
6.1. Opere in c.a.	30
6.2. Acciaio da cemento armato normale	30
6.2.1. Acciaio da carpenteria metallica	31
6.3. Opere stradali	31
6.3.1. Nuovo pacchetto pavimentazione stradale	31
6.3.2. Nuova pavimentazione marciapiede/pista ciclopedonale	32
6.3.3. Cordoli in calcestruzzo	32
6.3.4. Barriere stradali	33
6.4. Rete acque meteoriche	33
6.4.1. tubazioni in PVC-U	33

6.4.2. Tubazioni in PEAD	33
6.5. Impianti dissabbiatori/disoleatori	33
6.6. Vasca di laminazione e impianto di sollevamento	33
6.7. Vasca di infiltrazione	34
6.8. Pozzi perdenti e ghiaia.....	34
6.9. Pozzetti prefabbricato in cemento armato	34
6.10. Griglie e chiusini	34
6.11. Casseforme in legno	34
6.12. Casseforme metalliche	35
6.13. TUBAZIONI E CAVIDOTTI - PERCORSI ESTERNI INTERRATI	35
6.13.1. Tubazioni e cavidotti - percorsi esterni interrati.....	35
6.13.2. Canalizzazioni in tubo metallico	35
6.13.3. Percorsi esterni - cavidotti interrati	35
6.14. IMPIANTO di ILLUMINAZIONE	35

1. PREMESSA

La presente Relazione Tecnica illustra l'intervento denominato: *“Tratta Saronno-Como opere sostitutive PL km 31+267 nei comuni di Cadorago e Lomazzo”* riguardante nello specifico la realizzazione di un nuovo collegamento stradale tra la viabilità locale di Via Como/Via alla Fonte, in corrispondenza della ditta “Spumador”, e la SP 30 al confine tra i comuni di Cadorago (CO) e Lomazzo (CO) sottopassando via Como/via alla Fonte e la linea Ferrovia Como – Saronno.

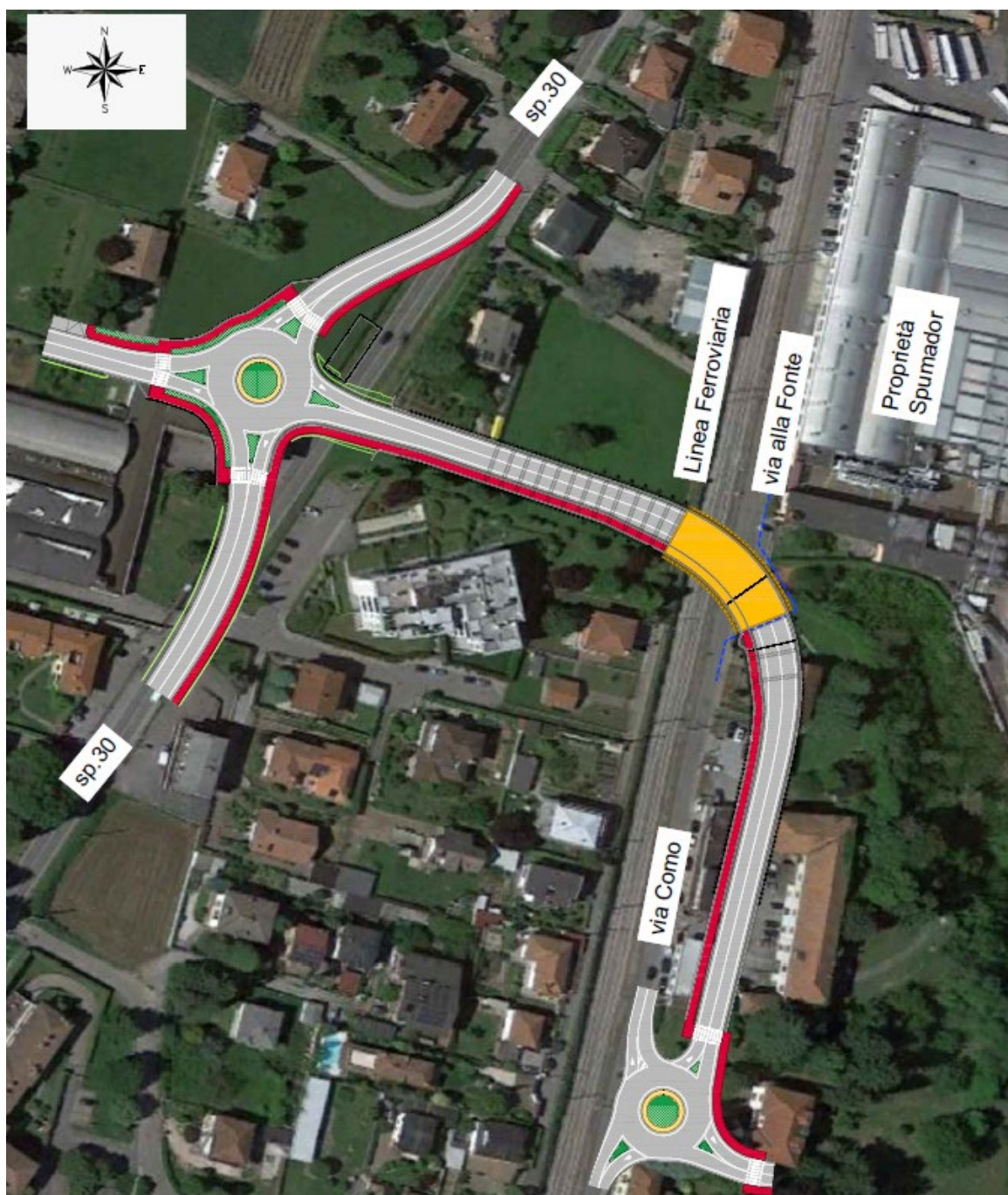


Figura 1 – Inquadramento del progetto su Aerofotogrammetrico

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si elencano le normative prese a riferimento per la progettazione stradale della viabilità in oggetto:

- D.L. 30.04.1992 n.285 “Nuovo Codice della Strada” (G.U. 18.05.1992 n.114 suppl.) Modificato ed integra-to dal D.L. 10.10.1993 n.360 (G.U. 15.09.1993 n.217 suppl.);
- D.P.R. 16.12.1992 n.495 “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada” (G.U. 28.12.1992 n.303 suppl.);
- D.P.R. 16.09.1996 n.610 “Regolamento recante modifiche al D.P.R. 16.12.1992 n.495, concernente il regolamento di esecuzione e attuazione del Nuovo Codice della strada” e s.m.i.;
- Legge 25 novembre 2024, n. 177 “Interventi in materia di sicurezza stradale e delega al Governo per la revisione del codice della strada, di cui al decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285”
- D.M. 05.11.2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- D.M. 22.04.2004 “Modifica del decreto 05.11.2001 n.6792, relativo alle norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 19.04.2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- D.M. 30 novembre 1999, n.557 – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclopedonali.
- L. 29 luglio 2010 n.210 – Disposizioni in materia di sicurezza stradale;
- Direttiva LL.PP. 24.10.2000 – Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l’istallazione e la manutenzione (G.U.28.12.2000 n.301);
- D.M. 18.02.1992 n.223 “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e s.m.i;

- Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21/06/2004 prot No 2367
- Catalogo delle pavimentazioni stradali (CNR B.U. 178)
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21/07/2010 n. 62032 - Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- D.G.R. Lombardia 27/9/2006 n.8/3219 - Elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l'ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti ex art.4, r.r. 24 aprile 2006, n.7;
- D.M. 2367 del 21/06/2004 – Terminologia e criteri generali per i metodi di prova relative alle barriere di sicurezza stradali.

3. INQUADRAMENTO PROGETTUALE

3.1. Stato di Fatto

Il nuovo collegamento stradale costituirà un'importante via di comunicazione favorendo l'attraversamento della linea ferroviaria risolvendone le criticità in ambito di sicurezza attualmente presenti con il passaggio a livello a raso esistente posto a circa 300m a nord dall'area oggetto di intervento.

L'intero tracciato rientra all'interno dei confini del comune di Lomazzo in provincia di Como e funge da collegamento tra via Como/ via alla Fonte e la S.P.30.



Figura 2 – Lato Est in arancione tracciato indicativo

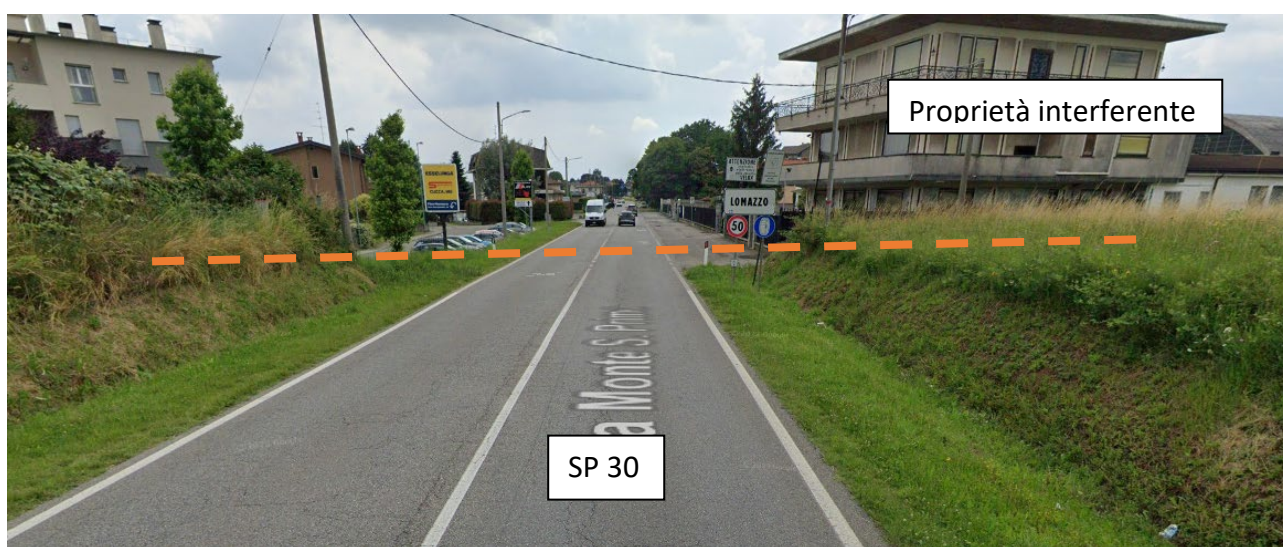


Figura 3 – Lato Ovest in arancione tracciato indicativo

4. OGGETTO DELL'INTERVENTO

4.1. DESCRIZIONE DELLA VIABILITÀ

L'intervento progettuale oggetto della presente relazione prevede una nuova viabilità di collegamento con annessa pista ciclopeditonale costituita da:

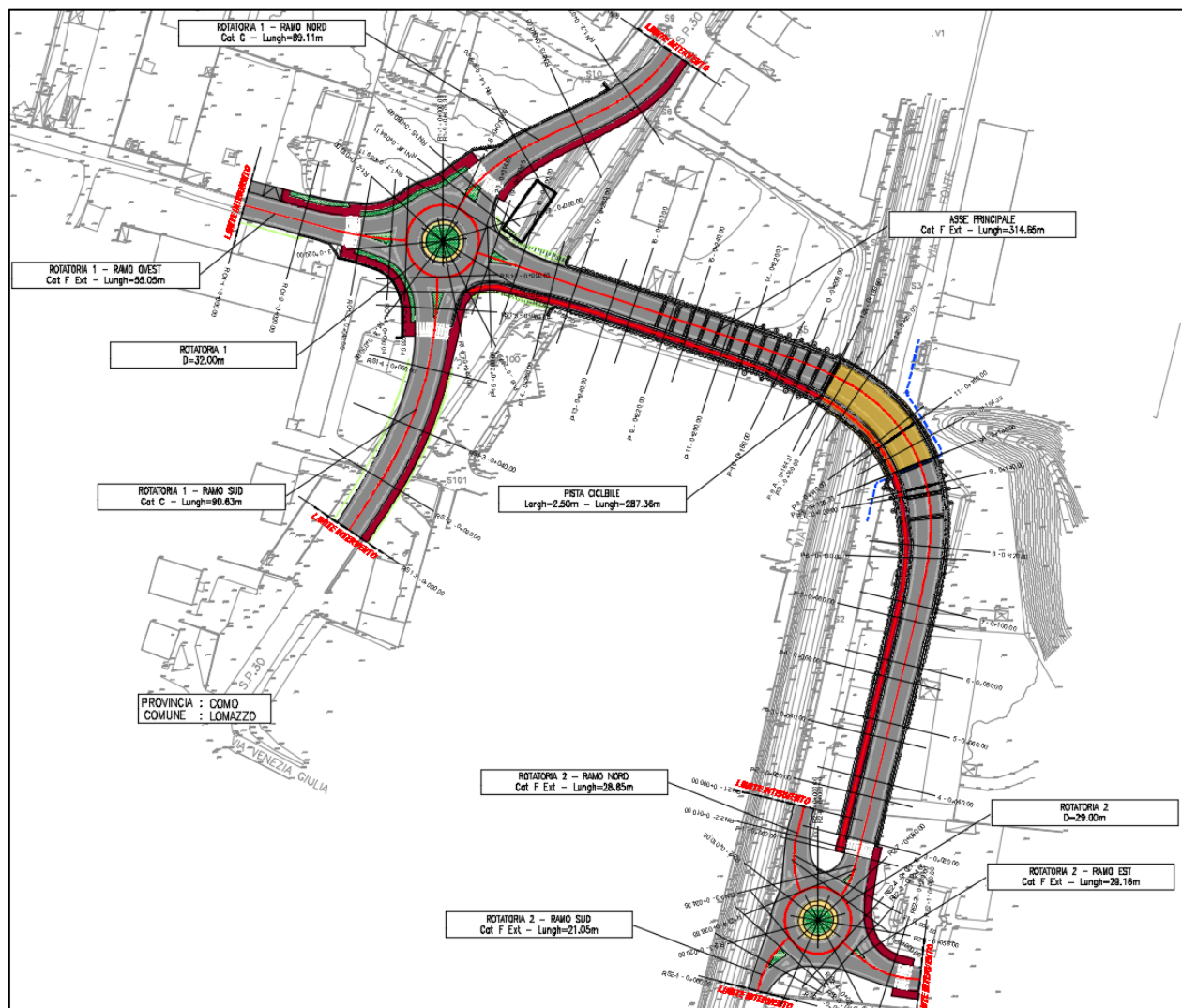


Figura 4 – Planimetria generale

- realizzazione ex-novo della viabilità denominata “Asse principale” Categoria stradale F Extraurbana; tramite l’esecuzione di una paratia continua con pali di grande diametro, successivamente rivestiti, che fungono in fase provvisoria a sostegno degli scavi ed in fase definitiva da opera di sostegno per la viabilità in esercizio.

L'interferenza fra la strada e la linea ferroviaria viene risolta con la realizzazione di un sottopasso, che permette alla nuova viabilità di passare al di sotto della sede ferroviaria.

Il franco libero fra il piano viario e l'intradosso della struttura è di 5,00 m

- realizzazione di due nuove rotatorie denominate "Rotatoria 1" e "Rotatoria 2". Per entrambe le rotatorie sono compresi nella progettazione gli innesti con le viabilità esistenti e con gli accessi privati;
- pista ciclopedonale lungo tutto l'itinerario dell'"Asse principale" denominata nel dossier di progetto "Pista ciclopedonale";

Di seguito, sezioni tipologiche caratteristiche del presente progetto

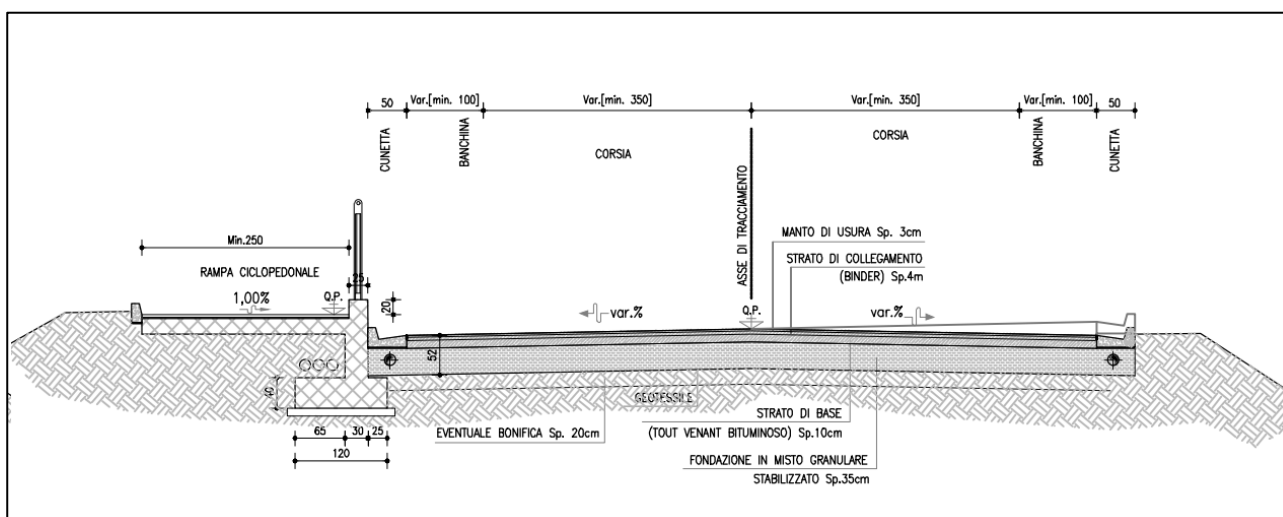


Figura 5 – Sezione tipo asse principale con pista ciclopedonale

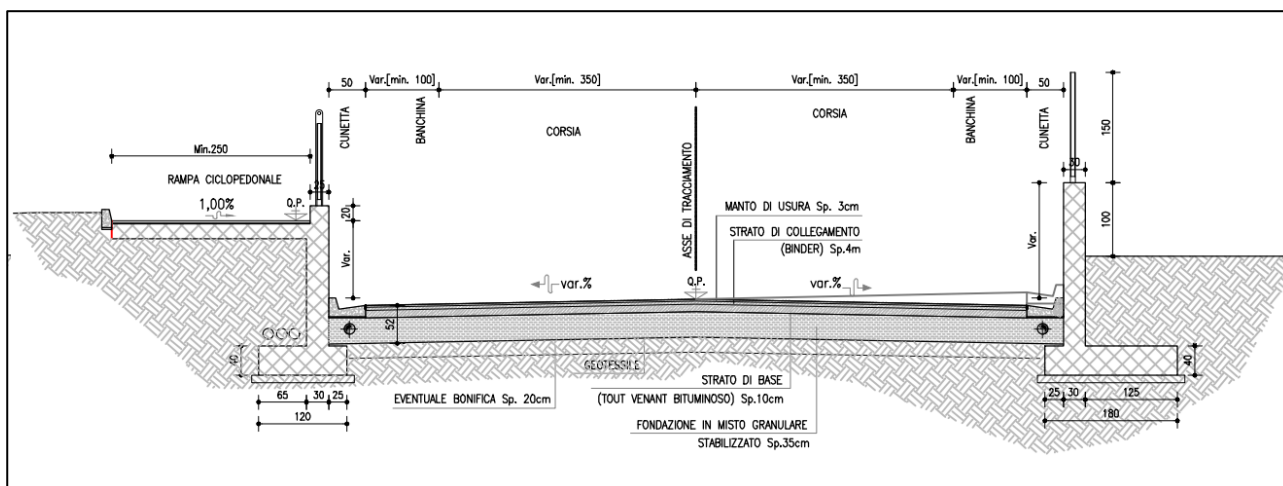


Figura 6 – Sezione tipo asse principale con pista ciclopedonale e muro di contenimento

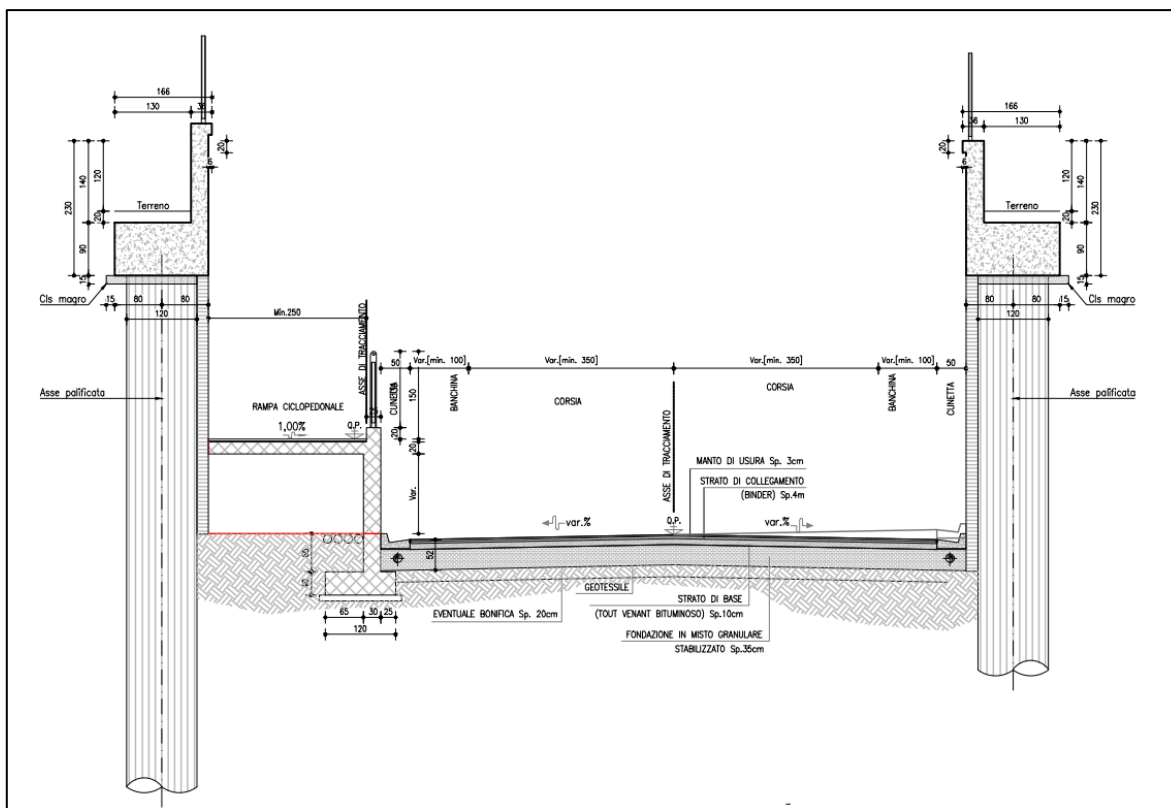


Figura 7 – Sezione tipo asse principale con pista ciclopedonale e palificata (sezione a cielo aperto)

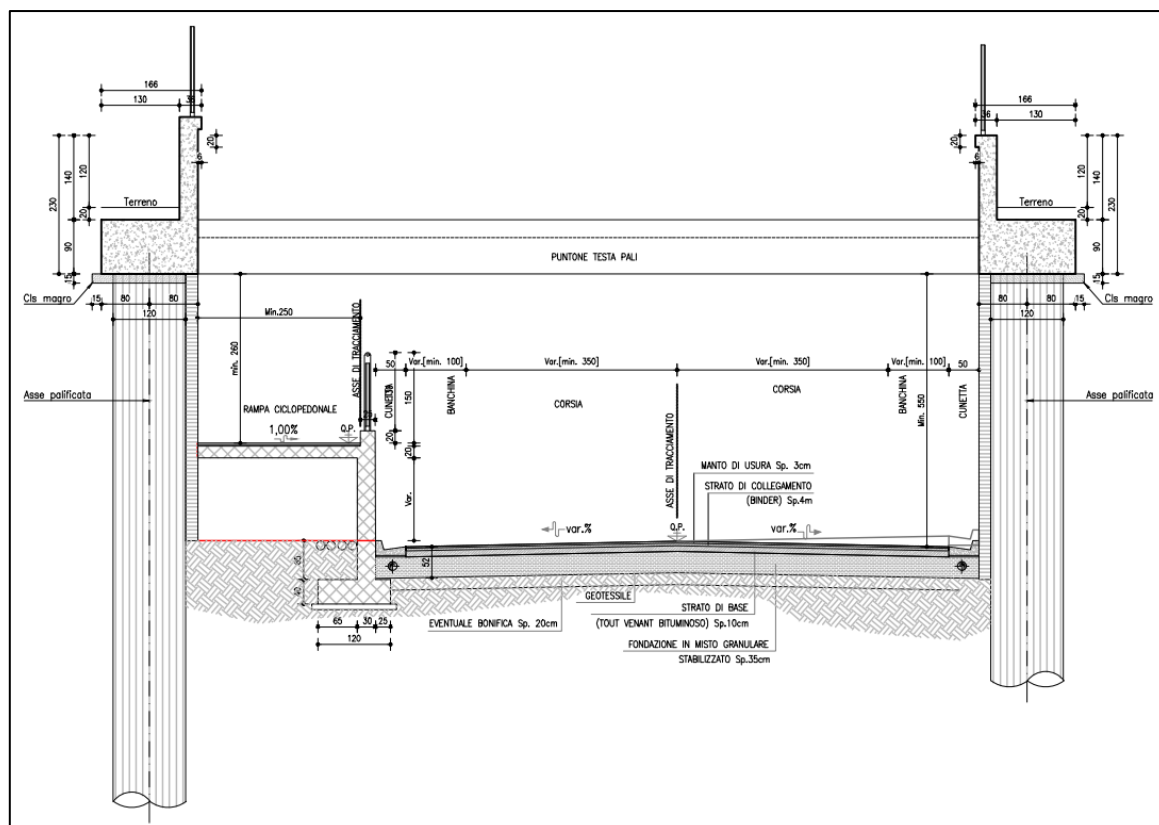


Figura 8 – Sezione tipo asse principale con pista ciclopedonale e palificata con puntone testa pali (sezione a cielo aperto)

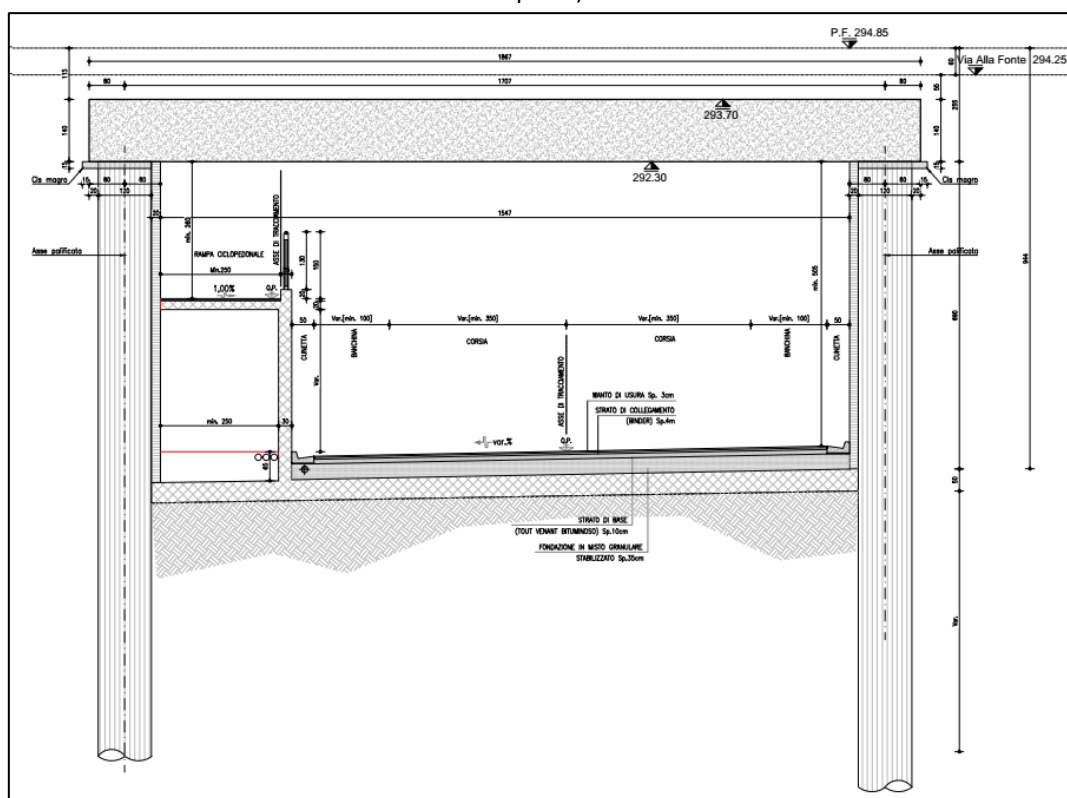


Figura 9 – Sezione tipo asse principale con pista ciclopedonale e palificata con soletta

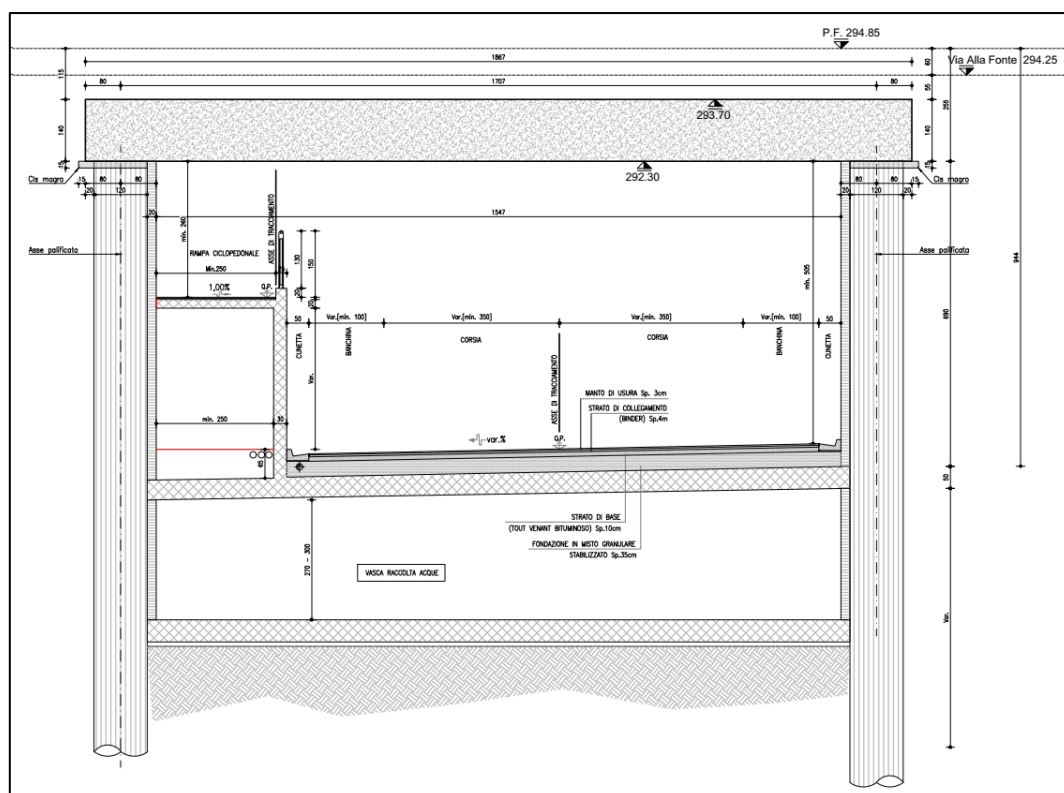


Figura 10 – Sezione tipo asse principale con pista ciclopeditonale e palificata con soletta (sezione interrata con vasca di raccolta acque)

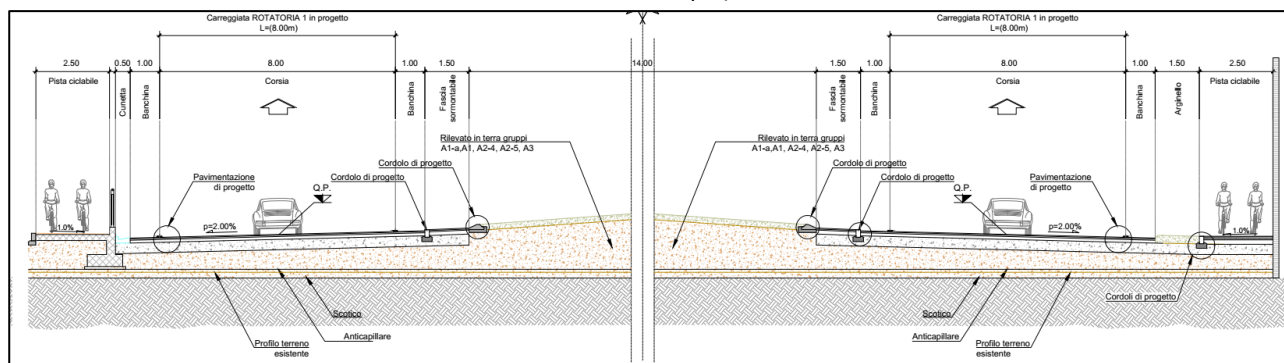


Figura 11 – Sezione tipo rotatoria

4.2. CRITERI PROGETTUALI

L'intervento relativo al tracciato denominato nella documentazione allegata al presente dossier progettuale come "Asse principale", si configura come intervento di nuova realizzazione e quindi ha cogenza la normativa vigente in materia, ovvero, il Decreto Ministeriale n°6792 del 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Tuttavia, si evidenzia come l'intervento si inserisca in un contesto fortemente vincolato dalle condizioni al contorno e pertanto la progettazione, pur tendendo alla normativa vigente, seguirà i criteri progettuali di seguito descritti e concordati con la Committenza. I criteri progettuali adottati nella progettazione, seppur non pedissequamente coerenti con la normativa, sono stati studiati al fine di garantire un adeguato livello di sicurezza all'utenza circolante e rispondere alle necessità di intervento della Committenza. Si riporta di seguito descrizione dei criteri progettuali presi a riferimento per la progettazione.

4.2.1. VIABILITA'

4.2.1.1. Caratteristiche planimetriche

(a) Raggio minimo delle curve planimetriche.

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 05/11/2001 che risulta dal par. 5.2.4. Nel caso specifico per le strade di categoria F extraurbana il raggio dovrà essere superiore a 45m.

(b) Lunghezza massima dei rettifili:

$$L_{\max} = 22 \cdot V_{p,\max}$$

dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità dei progetti, espressa in km/h ed L si ottiene in metri.

(c) *Lunghezza minima dei rettifili.* La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata nella tabella seguente; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
L_{\min} [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

(f) Congruenza del diagramma delle velocità. La norma prevede che per $V_{p,max} \leq 100$ km/h (e quindi per strade di categoria F extraurbana) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla $V_{p,max}$ a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10km/h. Inoltre, fra due curve successive (nel caso di $V_{p1} > V_{p2}$) tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h.

(g) Sviluppo minimo delle curve circolari. La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

$$L_{c,min} = 2.5 \cdot v_p$$

con v_p in m/s ed $L_{c,min}$ in m.

(h) Verifica del parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)

Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo), fra il parametro A e la massima velocità V (km/h), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide deve essere verificata la relazione:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{gvR \cdot (q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

- c = contraccolpo;
- v = **massima velocità (m/s)**, desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;
- q_i = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;
- q_f = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;
- g = accelerazione di gravità.

Ponendo

$$c = \frac{14}{v(m/s)} = \frac{50.4}{V(km/h)}$$

si ottiene:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^4}{14} - \frac{gv^2R \cdot (q_f - q_i)}{14}} = \frac{v}{\sqrt{14}} \sqrt{v^2 - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

$$A_{\min} = \frac{V}{3,6\sqrt{14}} \sqrt{\frac{V^2}{12,96} - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

Il DM 6792/2001 propone, in alternativa, di effettuare il calcolo con una formula approssimata che non tiene conto della componente dell'accelerazione centripeta compensata dalla variazione di pendenza trasversale. L'espressione per il calcolo di A_{\min} diventa, in questo caso:

$$A_{\min} = \frac{V^2}{12,96\sqrt{14}} = 0,0206125 \cdot V^2 \cong 0,021 \cdot V^2$$

Con le premesse di cui al primo paragrafo del presente capitolo, per l'intervento in progetto il criterio descritto è verificato per una velocità di progetto di 35km/h compatibile con un limite di velocità amministrativa di 30km/h.

Criterio 2 (Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata)

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata stradale presenta differenti pendenze trasversali, che vanno raccordate longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{\max}} \times 100 \times B_i |q_i + q_f|}$$

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;

- Δi_{\max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;
- $q_i = \frac{i_{ci}}{100}$ dove i_{ci} = pendenza trasversale iniziale
- $q_f = \frac{i_{cf}}{100}$ con i_{cf} = pendenza trasversale finale
- $|q_i + q_f|$ è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{B_i \cdot (|q_f| - |q_i|)}{\left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_f}\right) \cdot \frac{\Delta i_{\max}}{100}}}$$

Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio la norma prevede che sia soddisfatta la relazione:

$$R/3 \leq A \leq R$$

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

$$R_2/3 \leq A \leq R_1$$

dove R_1 è il raggio minore ed R_2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

Oltre ai criteri precedentemente descritti la norma prevede che il rapporto A_E/A_U delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e il rapporto A_1/A_2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto indicato dal D.M. 5/11/2001, soddisfino le relazioni:

$$2/3 \leq A_E/A_U \leq 3/2 \quad 2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$$

(i) Pendenze trasversali

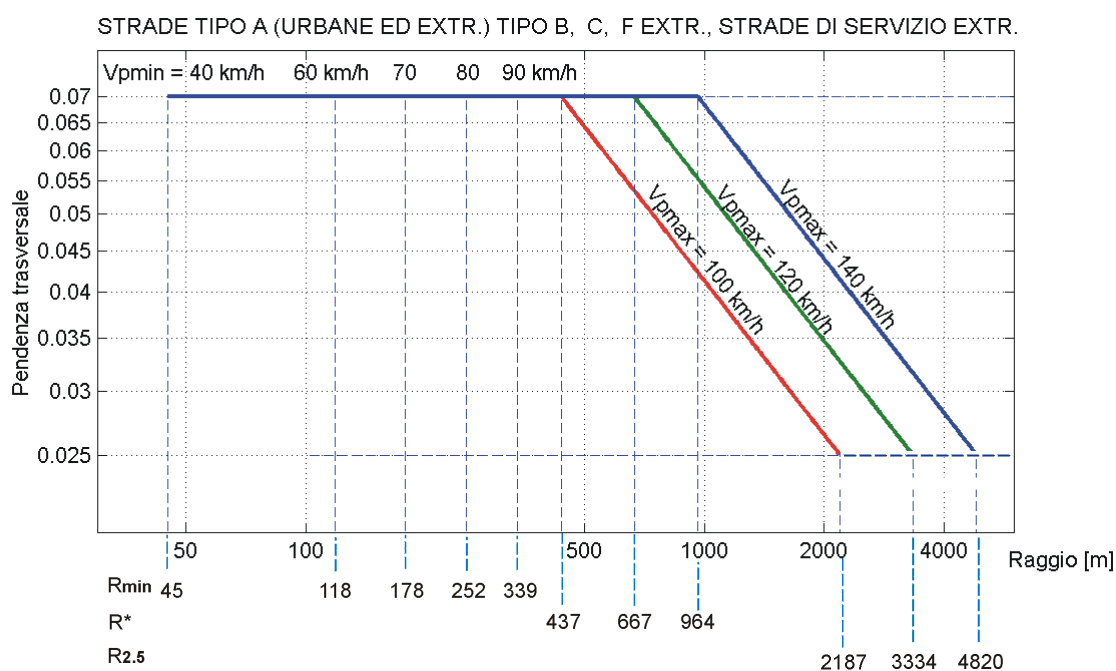
Per la determinazione della pendenza in funzione del raggio è indispensabile stabilire il legame tra la velocità di progetto V_p , la pendenza trasversale in curva i_c e la quota parte del coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente f_t . Dallo studio dell'equilibrio di un veicolo transitante su una curva circolare si ottiene:

$$\frac{V_p^2}{R \times 127} = q + f_t$$

dove:

- V_p = velocità di progetto della curva [km/h]
- R = raggio della curva [m]
- $q = \frac{i_c}{100}$
- f_t = quota parte del coeff. di aderenza impegnato trasversalmente

Per strade soggette a frequente innevamento la pendenza trasversale va limitata al 6% e di conseguenza il raggio minimo utilizzabile è quello che corrisponde negli abachi a tale valore.



Per valori del raggio non inferiori a quelli R' indicati nella Tabella seguente, è possibile conservare la sagoma in contropendenza al valore - 2,5 %.

STRADA TIPO	A	B	C - F extraurbane	D	E F urbane
R' [m]	10250	7500	5250	2000	1150

(j) Andamento cigli

Per ragioni dinamiche, cioè per limitare la velocità di rotazione trasversale dei veicoli – velocità di rollio) la sovrappendenza longitudinale i [%] delle estremità della carreggiata (esclusi gli eventuali allargamenti in curva) non può superare il valore massimo che si calcola con la seguente espressione.

$$\Delta i_{\max} = \frac{dq}{dt} \times \frac{B_i}{v} \times 100 \cong 18 \times \frac{B_i}{V} \quad [\%]$$

dove:

- $\frac{dq}{dt}$ = variazione della pendenza trasversale nel tempo pari a 0,05 rad. s⁻¹
- B_i = distanza (in m) fra l'asse di rotazione e l'estremità della carreggiata all'inizio della curva a raggio variabile
- V = velocità di progetto [km/h]
- v = velocità di progetto [m/s]

Quando lungo una curva a raggio variabile la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, per esempio lungo una clotoide di flesso e nel passaggio dal rettilineo alla curva circolare, durante una certa fase della rotazione la pendenza trasversale è inferiore a quella minima del 2,5 % necessaria per il deflusso dell'acqua. In questi casi, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, è necessario che la pendenza longitudinale Δi dell'estremità che si solleva sia non inferiore ad un valore Δimin [%] dato da:

$$B_i \Delta i_{\min} = 0,1 \times [\%]$$

(k) Allargamento in curva

Allo scopo di consentire la sicura iscrizione dei veicoli nei tratti curvilinei del tracciato, conservando i necessari franchi fra la sagoma limite dei veicoli ed i margini delle corsie, è necessario che nelle curve circolari ciascuna corsia sia allargata di una quantità E , data dalla relazione:

$$E = K / R = [m]$$

dove:

- $K = 45$
- R = raggio esterno (in m) della corsia;

4.2.1.2. Caratteristiche Altimetriche**(a) Pendenze longitudinali massime**

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/2001 per le varie tipologie di strade è illustrato nel par. 5.3. Nel caso specifico per le strade di categoria F extraurbana la pendenza non potrà essere superiore al 10%.

4.2.2. INTERSEZIONI**4.2.2.1. Criteri per la definizione delle rotatorie**

Il Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”, definisce tre tipologie fondamentali di rotatorie in base al diametro della circonferenza esterna:

- rotatorie convenzionali con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m;
- rotatorie compatte con diametro esterno compreso tra 25 e 40 m;
- mini-rotatorie con diametro esterno compreso tra 14 e 25 m.

Un ulteriore elemento distintivo tra le tre tipologie fondamentali di attrezzatura rotatoria è rappresentato dalla sistemazione dell'isola circolare centrale, che può essere resa in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti, nel caso di mini-rotatorie con diametro esterno compreso fra 25 e 18 m, mentre lo diventa completamente per quelle con diametro compreso fra

18 e 14 m; le rotatorie compatte sono invece caratterizzate da bordure non sormontabili dell'isola centrale.

Un'intersezione stradale risolta a rotatoria va accompagnata lungo i rami di approccio da idonea segnaletica, se necessario anche integrativa rispetto a quella di preavviso, e da eventuali ulteriori strumenti di regolazione della velocità.

Le caratteristiche stradali delle intersezioni a rotatoria sono state definite in base a quanto prescritto dal DM. All'interno del par. 4.5.2 della normativa, in particolare, sono indicati gli elementi modulari delle rotatorie. Si riporta tabella del Decreto:

Elemento modulare	Diametro esterno della rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	≥ 40	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 14 e 25	7,00 - 8,00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9,00
	< 40	8,50 - 9,00
Bracci di ingresso (**)		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	< 25	4,00
	≥ 25	4,50
(*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia. (**) organizzati al massimo con due corsie.		

La norma non fornisce indicazioni relativamente alle dimensioni delle banchine da prevedere nella corona rotatoria. Si sono previste a tal riguardo banchine sia in destra che sinistra pari ad 1,00 m sia per la rotatoria 1 e che per la rotatoria 2.

Per gli altri elementi geometrici i valori di riferimento, indicati dalle normative o da criteri di buona progettazione, sono:

- Valori Minimi Raggi di ingresso dei rami: 10m in ambito urbano e 12m in ambito extraurbano;
- Valori minimi Raggi di uscita dei rami: 12m in ambito urbano e 14m in ambito extraurbano.

Solamente per il ramo di ingresso dell'“Asse principale” nella Rotatoria 2 e per il ramo di uscita del ramo denominato “Rotatoria 2 – Ramo nord”, si sono previsti raggi rispettivamente di ingresso e di uscita inferiori ai valori sopra definiti. Tuttavia, si fa presente che il tracciato denominato “Rotatoria

2 – Ramo nord” può essere percorso esclusivamente da veicoli leggeri e non da mezzi pesanti, pertanto, la manovra è di fatto fattibile.

Particolare attenzione è stata portata alle condizioni di visibilità per gli utenti confluenti nella rotatoria; i conducenti che si approssimano all’intersezione devono infatti vedere i veicoli che percorrono l’anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi; a tal fine sarà necessario quindi garantire una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell’intero anello, posizionando l’osservatore a quindici metri dalla segnaletica che delimita la banchina esterna della rotatoria.

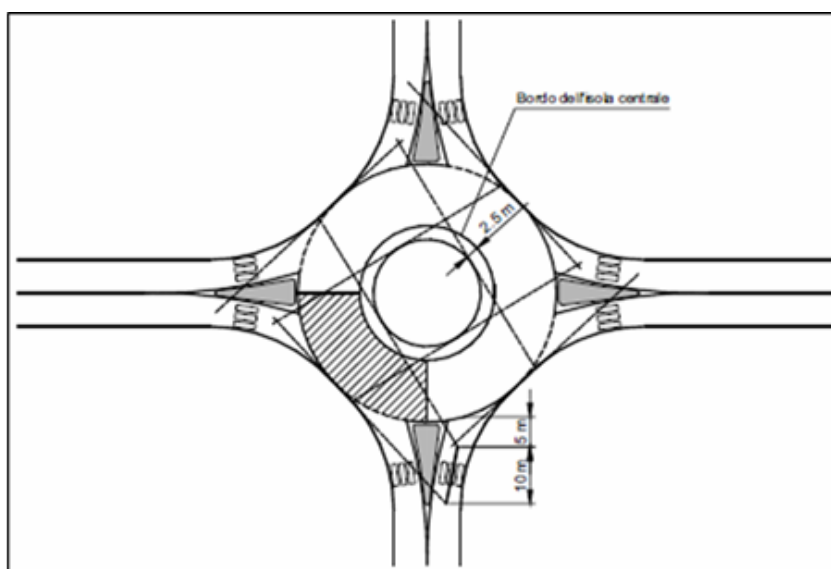


Figura 12 – Visibilità in rotatoria

4.3. INFRASTRUTTURE DI PROGETTO – VIABILITA’

Di seguito si riportano le principali caratteristiche plano-altimetriche della viabilità in progetto.

4.3.1. ASSE PRINCIPALE

L’intervento prevede la realizzazione ex-novo di una viabilità classificabile come cat. F extraurbana con intervallo delle velocità di progetto secondo normativa 40-100km/h. Tuttavia, le necessità della Committenza unitamente alle condizioni al contorno hanno portato a scegliere un approccio progettuale basato sui criteri descritti nei capitoli precedenti. La progettazione tende al rispetto del DM2001 seppur non ne viene garantita la perfetta aderenza. La viabilità presenta corsia da 3,50m con banchine da 1,00m come previsto dal DM2001.

4.3.1.1. Andamento planimetrico

Elem	Prognizio (m)	ProgFine (m)	Lungh (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/Pmax	Verifica	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	0,00	12,13	12,13	ARCO	30,00	Sx	-1,01	32,66			NO	Innesto in rotatoria DM 2001 non cogente
2	12,13	94,82	82,69	RETIFLO	---	0	-2,50	52,23			OK	Secondo i criteri progettuali concordati
3	94,82	138,14	43,31	CLOTOIDE	47,00	Sx	0,00	51,75			OK	Secondo i criteri progettuali concordati
4	138,14	170,63	32,50	ARCO	51,00	Sx	-7,00	42,24			OK	Secondo i criteri progettuali concordati
5	170,63	213,95	43,31	CLOTOIDE	47,00	Sx	0,00	51,69			OK	Secondo i criteri progettuali concordati
6	213,95	314,66	100,71	RETIFLO	---	0	-2,50	52,76			OK	Secondo i criteri progettuali concordati

4.3.1.2. Andamento altimetrico

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	l	l2	Δl	Rv	Vp	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1	D	43,04	0,50	8,50	8,00	0,00	-7,00	7,00	400	31,0	1,1	0,1	123,65	OK	Secondo i criteri progettuali concordati
2	S	148,05	25,54	60,54	35,00	-7,00	0,00	7,00	500	44,1	0,5	1	605,18	OK	Secondo i criteri progettuali concordati
3	S	188,21	128,80	167,30	38,50	0,00	10,00	10,00	550	44,3	0,5	1	860,47	OK	Secondo i criteri progettuali concordati
4	D	301,85	168,21	208,21	40,00	10,00	2,00	8,00	400	50,4	1,1	0,1	1121,34	OK	Secondo i criteri progettuali concordati
5	S	314,65	289,05	314,65	25,60	2,00	0,00	2,00	320	35,2	0,5	1	329,52	OK	Secondo i criteri progettuali concordati

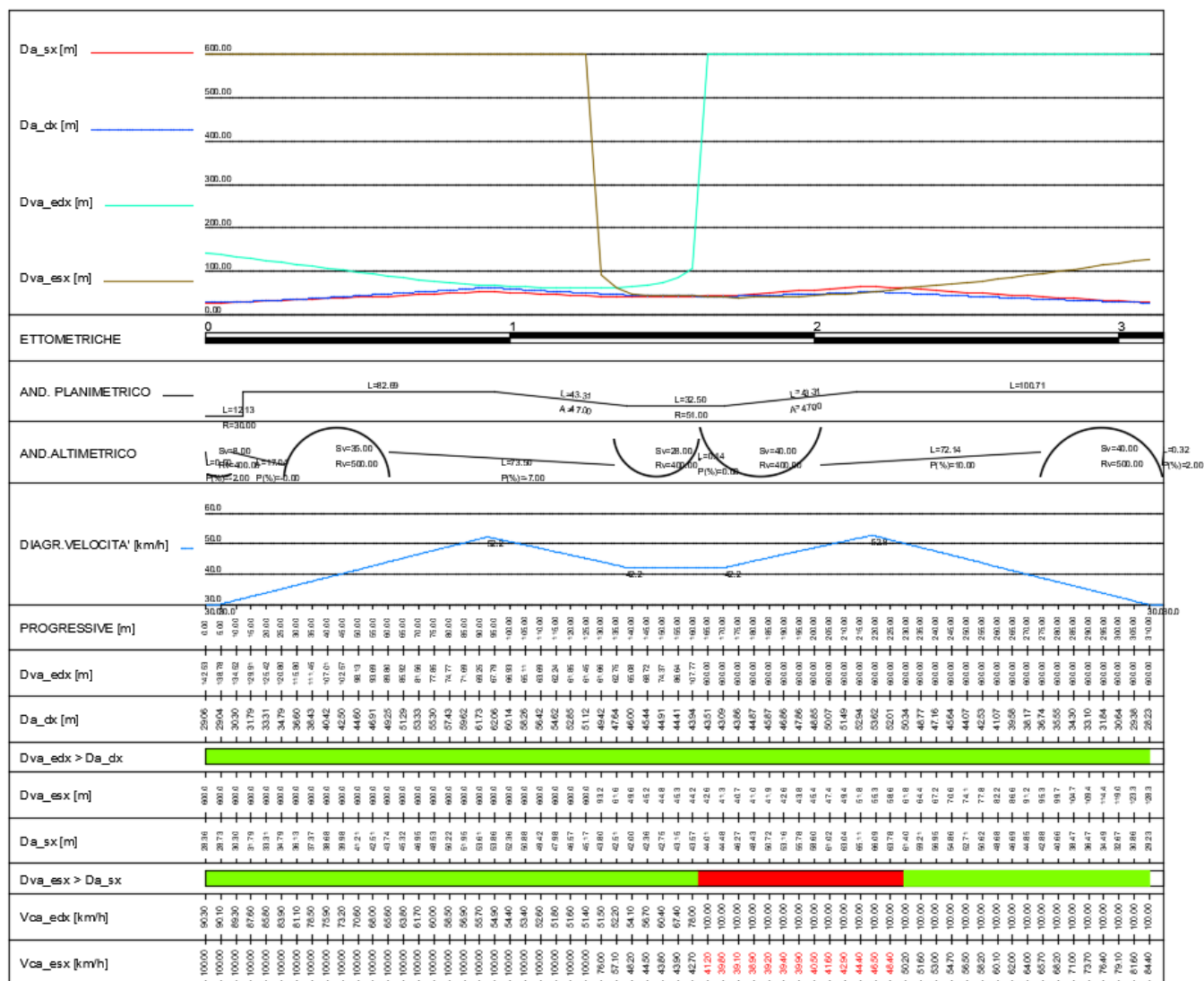
4.3.1.3. Velocità di progetto e diagramma di visibilità

Come si evince dai diagrammi sotto riportati le verifiche delle velocità sono conformi ai dettami del DM vigente e in coerenza con i criteri progettuali definiti per l'intervento in progetto.

Per le verifiche di visibilità, definite secondo DM2001 adottando la velocità di progetto dovuta alle geometrie del tracciato, si ha un tratto dove non vi è la conformità con il Decreto; tale non conformità può ritenersi superata definendo le velocità compatibili con gli ostacoli presenti dalla quale si evince che le geometrie della viabilità progettata sono coerenti con una velocità di progetto di poco inferiore ai 40km/h e pertanto si possono garantire condizioni di sicurezza per l'utenza circolante imponendo una velocità amministrativa di 30km/h come si può evincere dal documento relativo alla segnaletica di progetto.

Asse principale

Scala X 1:1000.000



La Rotatoria 2 è una rotatoria compatta con diametro pari a 28,00m avente corona giratoria di larghezza pari a 7,00m, con banchine laterali da 1,00m, ed isola centrale sormontabile, con fascia di larghezza pari a 1,50m, di raggio 6,50m. Gli innesti sono organizzati secondo DM2006 ad unica corsia in uscita di larghezza minima pari a 4.50m ed un'unica corsia in entrata con larghezza di ciascuna corsia pari a minimo 3.50m. La pendenza trasversale ha inclinazione verso l'esterno pari al 2,00%. La rotatoria è impostata sulla quota di 293,97m ed è disposta su un piano orizzontale.

4.3.3. PISTA CICLOPEDONALE

L'intervento prevede la realizzazione di una pista ciclopedonale che mantenendosi sulla sinistra per l'utenza che percorre le viabilità oggetto di intervento in direzione nord, si estende lungo tutto l'itinerario di progetto dell'"Asse principale".

La pista ciclopedonale presenterà una larghezza minima pari a 2,50m con pendenza verso l'interno dell'1%. Altimetricamente la pendenza longitudinale presenta, solamente per l'ultima livelletta, una pendenza superiore al limite previsto dalle normative cogenti (DM1999).

La pista ciclopedonale mantiene un andamento altimetrico discorde a quanto previsto dall'"Asse principale" al fine di contenere, per quanto possibile, la pendenza longitudinale.

Nel tratto rialzato la pista ciclopedonale prevede una barriera parapetto a sicurezza dell'utenza debole circolante.

4.4. Interferenze

Tra i sottoservizi presenti nell'area oggetto di intervento sono stati individuati diverse reti interferenti con l'opera in progetto, tra cui l'acquedotto e la fognatura. Il progetto di risoluzione delle interferenze è stato valutato congiuntamente con gli Enti Gestori. Per approfondimenti fare riferimento all'elaborato n.E100Dh001SR--R0_Libretto sottoservizi.

4.5. Smaltimento acque

Il progetto dell'area prevede un sistema di raccolta delle acque meteoriche costituito da caditoie stradali e condotte ; per il rispetto del regolamento sull'invarianza idraulica per le superfici di nuova costruzione, si prevede una vasca di infiltrazione che convoglia e scarica nel sottosuolo le acque meteoriche della SP30 e una vasca di laminazione a servizio del sottopasso e della rotonda sud che scarica le acque meteoriche laminate in una batteria di pozzi perdenti; a valle della condotta di mandata del sollevamento della vasca del sottopasso sarà presente un pozzetto di calma con allaccio dotato di ispezione.

A monte della vasca di infiltrazione sulla SP30 saranno previsti:

- un disoleatore con lo scopo di separare l'acqua dagli oli e dagli idrocarburi prima di poter essere immessa nel sottosuolo;
- una sezione di sedimentazione dei fanghi.

Per evitare rigurgiti nella rete di progetto in caso di eventi meteorici particolarmente intensi, ogni disoleatore sarà inoltre dotato di una condotta di troppopieno collegata direttamente alla vasca.

Per la vasca di laminazione in calcestruzzo del sottopasso saranno previsti:

- un disoleatore a monte della vasca;
- un disoleatore a valle della vasca;

per la separazione di fanghi e oli coalescente.



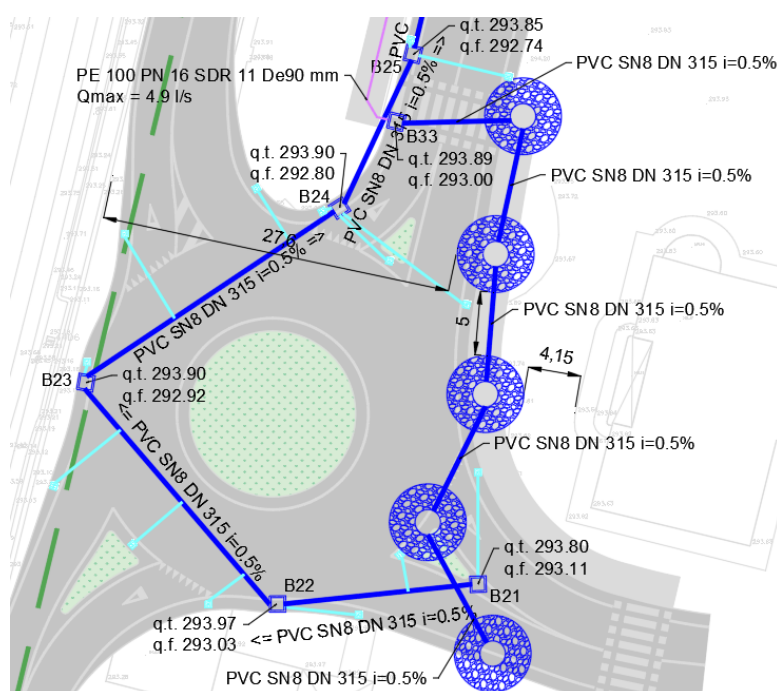


Figura 14bis: Planimetria dei pozzi perdenti

4.6. Sistemazioni Esterne

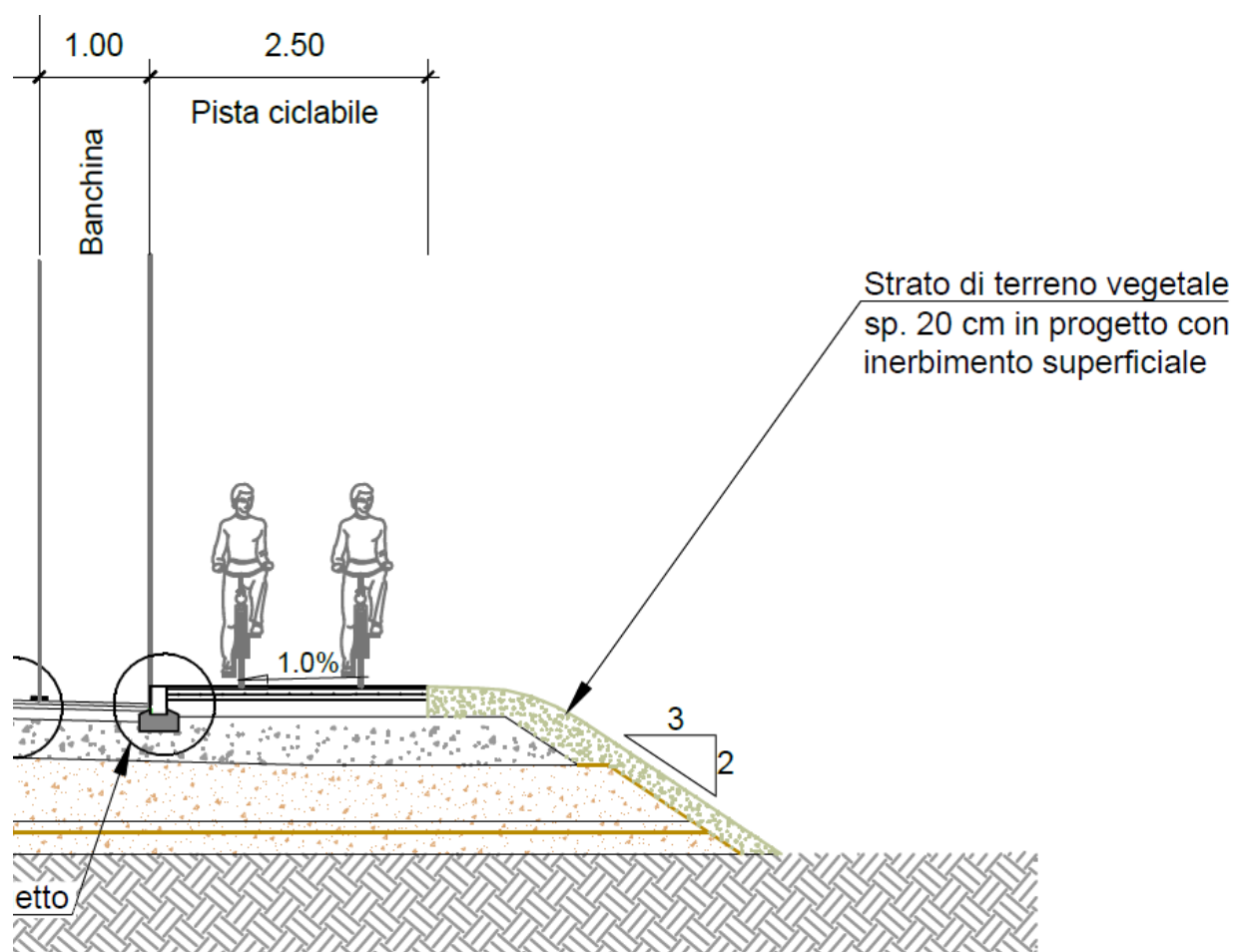
Le sistemazioni esterne a contorno del progetto del sottopasso si possono descrivere come segue:

4.6.1.1. Nuova pavimentazione per marciapiede e pista ciclopedonale composta da:

- Strato di usura in conglomerato bituminoso di spessore 3 cm (in colorazione rossa per pista ciclopedonale);
- Massetto in calcestruzzo di spessore 10cm;
- Strato di fondazione stradale in misto granulare di roccia naturale minerale calcarea/dolomitica stabilizzato con legante naturale idraulico di calce generico, spessore 50cm.

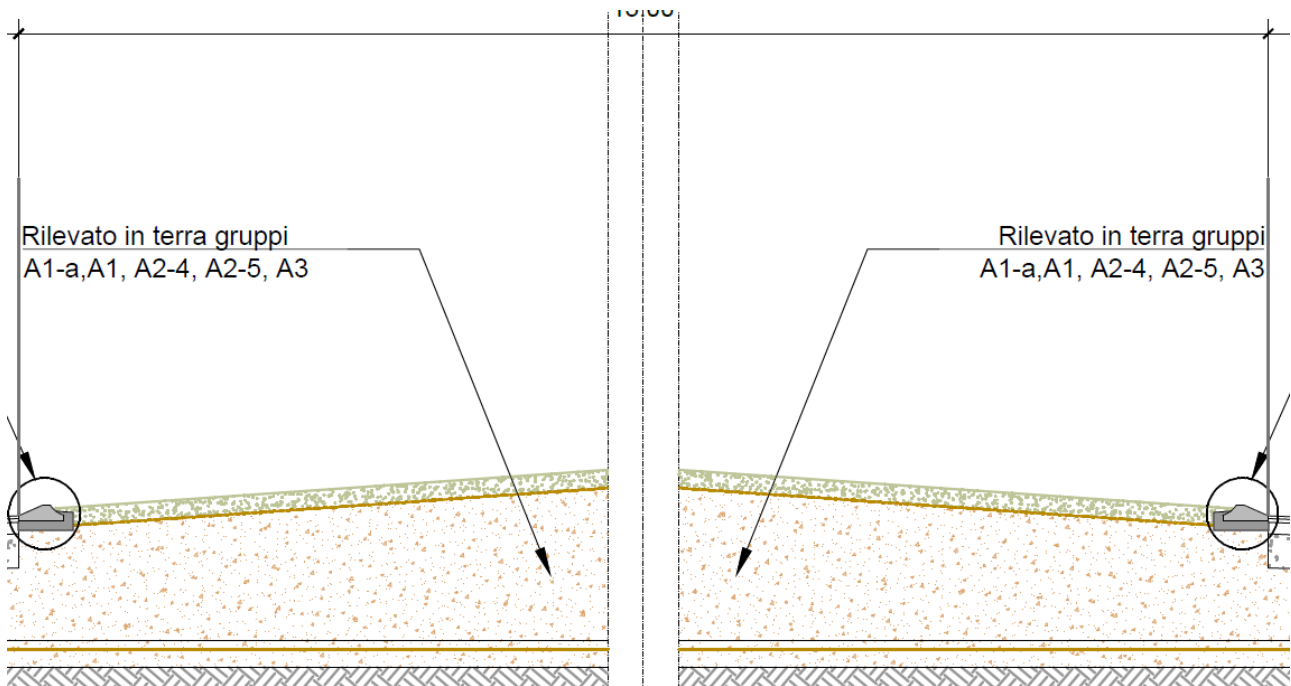
4.6.1.2. Sistemazione rilevati a fianco delle carreggiate con:

- Strato di terreno vegetale sp. 20 cm in progetto con inerbimento superficiale



4.6.1.3. Sistemazione rotatorie con:

- Rilevato in terra
- tappeto erboso e prato fiorito
- piantumazione con arbusti tappezzanti



5. FASI COSTRUTTIVE

Si riportano di seguito le principali fasi costruttive dell'opera:

Si riportano di seguito le principali fasi costruttive dell'opera:

- **Fase 1:** Lavori interferenti con Viabilità Locale
 - Installazione cantiere
 - Verifica sottoservizi interferenti
 - Realizzazione pali da Pdx001 a Pdx072 e Psx001 a Psx055
 - Spostamento sottoservizi Interferenti
 - Realizzazione viabilità provvisoria
 - Realizzazione pali da Pdx073 a Pdx082 e da Psx056 a Psx066 e porzione di soletta fase 1
- **Fase 2:** Lavori interferenti con FNM
 - Ricollocazione viabilità in sede definitiva su nuova soletta
 - Interruzione linea FNM (14 giorni)
 - Realizzazione pali interferenti con l'esercizio ferroviario da Pdx84 a Pdx090 e da Psx067 a Psx073
 - Installazione Ponte Bologna
 - Ripresa funzionamento linea ferroviaria
- **Fase 3:** Lavori interferenti con FNM
 - Completamento pali d Pdx091 a Pdx094 e da Psx074 a Psx081
 - Completamento Soletta Fase 2 con linea FNM in esercizio
 - Rimozione Ponte Bologna
- **Fase 4:** Lavori non interferenti con FNM
 - Spostamento sottoservizi lato SP30 interferenti con palificata rampa discesa sottopasso e con le opere di realizzazione della viabilità e della vasca infiltrazione acqua
 - Ultimazione Pali da Pdx095 a Pdx153 e da Psx082 a Psx173
 - Ultimazione puntoni in testa e realizzazione scavi
 - Realizzazione micropali N01-N02-N03
 - Realizzazione micropali per vasca raccolta acque
 - Completamento scavi e vasca raccolta acque
- **Fase 5:** Lavori non interferenti con FNM
 - Completamento viabilità tratto in sottopasso
 - Realizzazione rotatorie
 - Realizzazione allaccio rotatorie a viabilità esistente
 - Finiture ed apertura al traffico nuova viabilità

6. MATERIALI UTILIZZATI

Si riportano di seguito le caratteristiche dei principali materiali adottati per le opere in progetto.

Per approfondimenti fare riferimento ai Disciplinari Descrittivi e prestazionali:

- E100Dg001IT--R0_Disciplinare op.civ;
- E100Dg002IM--R0_Disciplinare IM-acque;
- E100Dg003IM--R0_Disciplinare IE.

6.1. Opere in c.a.

Di seguito si riportano le caratteristiche dei c.l.s. a prestazione garantita (UNI EN 206 e UNI 11104) da utilizzarsi per le singole parti d'opera:

Parte d'opera	Classe Resistenza	Classe di Esposizione	Max d inerti [mm]	Lavorabilità (Slump)	Copriferro min [mm]	Note
c.l.s. magro	C12/15	X0	-	-	-	
Miscela cementizia micropali berlinesi	C25/30	XC2	10	S5	35	Miscela cementizia
Pali di grande diametro	C25/30	XC2	30	S4	60	
Fondazioni: muri e platea sottoterra	C25/30	XC2	30	S4	35	
Elevazioni: Cordoli di testa, contropareti	C32/40	XC4+XF2+XD1	30	S4	35	
Soletta Impalcato	C32/40	XC4+XF2	20	S5	35	

6.2. Acciaio da cemento armato normale

Barre ad aderenza migliorata B450C

Snervamento $f_{yk} \geq 450$ MPa

Rottura $f_{tk} \geq 540$ MPa

Tutti i copriferri dovranno essere garantiti con appositi distanziatori e verifica del copriferro in controllo di qualità.

6.2.1. Acciaio da carpenteria metallica

Si prevede l'utilizzo di tubolari d'armatura per le berlinesi sia definitive sia provvisionali.

Tubolari:

- S355-J0 $t \leq 40 \text{ mm}$

$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$ tensione caratteristica di rottura

$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$ tensione caratteristica di snervamento

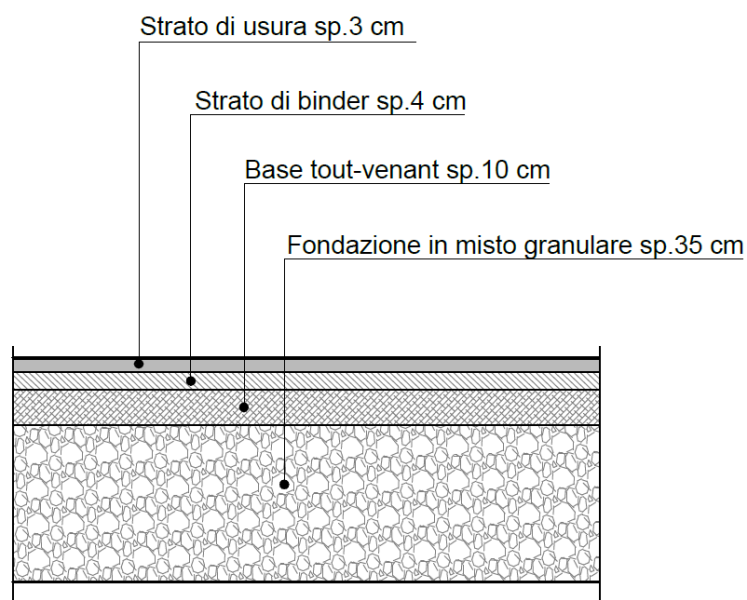
Gli acciai devono recare la marcatura CE inoltre devono essere conformi ai requisiti delle seguenti normative europea armonizzata: UNI EN 10025, UNI EN 10210-1, UNI EN 10219-1

Produzione, fornitura e controlli strutture in carpenteria metallica

- EN 1090 Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio

6.3. Opere stradali

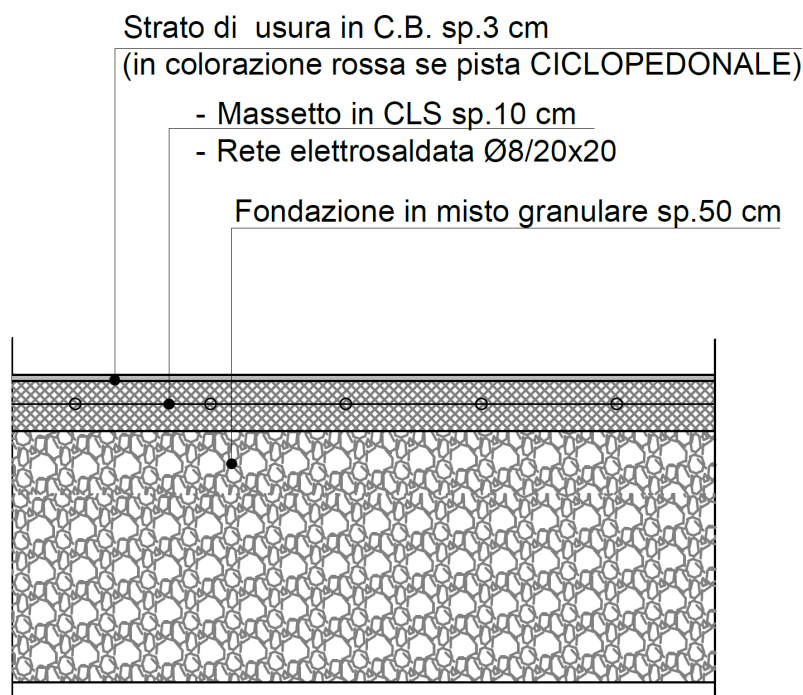
6.3.1. Nuovo pacchetto pavimentazione stradale



- Strato di usura stradale, ad elevata aderenza di conglomerato bituminoso;
- Strato di Binder ad elevate prestazioni di conglomerato bituminoso;
- Strato di Base ad elevate prestazioni di conglomerato bituminoso tout-venant (55% di bitume);

- Strato di fondazione stradale in misto granulare di roccia naturale minerale calcarea/dolomitica stabilizzato con legante naturale idraulico di calce generico.

6.3.2. Nuova pavimentazione marciapiede/pista ciclopedonale



- Strato di usura in conglomerato bituminoso di spessore 3 cm (in colorazione rossa se su pista ciclabile);
- Massetto in CLS sp. 10 cm;
- Strato di fondazione stradale in misto granulare sp. 50 cm di roccia naturale minerale calcarea/dolomitica stabilizzato con legante naturale idraulico di calce generico.

6.3.3. Cordoli in calcestruzzo

Vi sono tre tipi di cordoli utilizzati all'interno del progetto:

- Cordoli sormontabili in cls per le isole centrali e le isole divisionali delle rotatorie;
- Cordoli di delimitazione delle zone carrabili in cls;
- Cordolo a raso per cambi di pavimentazione in cls.

Il materiale utilizzato è conglomerato cementizio vibro compresso con finitura liscia.

6.3.4. Barriere stradali

Nel progetto vengono utilizzate:

- Barriera stradale a paletti e nastro di lega ferrosa in acciaio generico zincato a caldo;
- Parapetti in ferro, con verniciatura antiruggine.

6.4. Rete acque meteoriche

6.4.1. tubazioni in PVC-U

La rete di drenaggio delle acque meteoriche è costituita da tubazioni in PVC-U. I tubi devono essere prodotti con materia prima (miscela di PVC) vergine in forma di granulo o polvere che non è stata sottoposta ad uso o lavorazioni diverse da quelle richieste per la produzione dei tubi.

Non è ammesso l'impiego di: materiale riciclato e/o materiale rilavorabile.

Tutte le tubazioni in PVC verranno protette da un bauletto esterno in cls.

6.4.2. Tubazioni in PEAD

Nel presente progetto è prevista la realizzazione di una condotta di mandata e di tubazioni per reti di scarico in polietilene rigido ad alta densità (Pead).

6.5. Impianti dissabbiatori/disoleatori

I disoleatori/dissabbiatori dovranno essere realizzati con un calcestruzzo altamente compatto, impermeabile e dotato di elevata durabilità.

I disoleatori/dissabbiatori dovranno essere posati su platea piana in calcestruzzo magro armata con rete elettrosaldata e il rinterro dovrà essere eseguito con materiale vagliato di opportuna pezzatura costipato per strati successivi non superiori a 50 cm.

Gli impianti dovranno avere le pareti esterne trattate con prodotti impermeabilizzanti idonei.

6.6. Vasca di laminazione e impianto di sollevamento

All'interno del progetto in esame è prevista la posa di una vasca di laminazione in C.A. gettata in opera all'interno della quale è previsto un impianto di sollevamento elettromeccanico che scarica le acque accumulate nel recettore. La pompa sarà completamente sommergibile con corpo del gruppo idraulico e girante in copolimero e corpo motore in acciaio inossidabile.

6.7. Vasca di infiltrazione

Il sistema di accumulo avrà le caratteristiche e dimensioni indicate negli elaborati progettuali e sarà composto da moduli in polipropilene. L'ispezione dovrà essere garantita tramite pozzetti in polietilene alta densità prodotti per stampaggio.

L'intero sistema dovrà essere protetto esternamente da un tessuto geotessile in polipropilene con spessore maggiore di 2 mm ad alta permeabilità. La posa dei moduli protetti dal geotessile dovrà essere realizzata su un letto di ghiaia e priva di elementi fini, di idonea pezzatura (15-55 mm), ad elevata permeabilità.

6.8. Pozzi perdenti e ghiaia

All'interno del progetto in esame è prevista la posa di 5 pozzi perdenti costituiti da anelli prefabbricati componibili realizzati in calcestruzzo armato vibrato con finitura industriale e dotati di fori conici passanti sulle pareti perimetrali al fine di infiltrare le acque meteoriche nel terreno; gli elementi sono muniti di incastro a bicchiere per facilitarne la messa in opera.

Per la realizzazione di canali filtranti e trincee drenanti, o a contatto con strutture disperdenti come pozzi o vasche di laminazione, si impiegheranno ghiaie o materiali aridi costituiti da ciottoli o pietrame di cava: il materiale dovrà essere compatto ed uniforme, sano e di buona resistenza a compressione, privo di parti alterate, pulito ed esente da materie eterogenee.

6.9. Pozzetti prefabbricato in cemento armato

I pozzetti prefabbricati saranno confezionati con calcestruzzo di cemento Portland tipo I/42.5 ad altissima resistenza ai solfati, conforme alle norme UNI 9156, con classe di resistenza caratteristica $R_{ck} > 40$ MPa, con inerti perfettamente lavati di granulometria assortita costituita da almeno tre granulometrie, rispettando il fuso granulometrico di Fuller, in conformità a quanto prescritto dalla norma UNI 7163-72.

6.10. Griglie e chiusini

Per la copertura degli accessi ai pozzetti di drenaggio prefabbricati verranno adottati chiusini o griglie in ghisa sferoidale classe D400.

6.11. Casseforme in legno

I casseri potranno essere formati con tavole o con pannelli di legno di cui al punto 4 della norma UNI EN 313-1. Il legname dovrà essere sufficientemente stagionato in modo che non si verifichino ritiri tali da creare fessure fra i vari elementi componenti le casseforme.

Tavole

Dovranno avere spessore non inferiore a 25 mm, di larghezza standard esenti da nodi o tarlature ed avendo cura che la direzione delle fibre non si scosti dalla direzione longitudinale della tavola.

Pannelli

Dovranno avere spessore non inferiore ai 12 mm, con le fibre degli strati esterni disposte nella direzione portante, con adeguata resistenza agli urti, all'abrasione.

6.12. Casseforme metalliche

Nel caso di casseri realizzati con metalli leggeri (alluminio o magnesio) si dovranno impiegare delle leghe idonee ad evitare la corrosione dovuta al calcestruzzo umido. Nel caso di casseri realizzati in lamiera d'acciaio piane o sagomate, dovranno essere usati opportuni irrigidimenti, e diversi trattamenti della superficie interna (lamiera levigata, sabbiata o grezza di laminazione).

6.13. TUBAZIONI E CAVIDOTTI - PERCORSI ESTERNI INTERRATI

6.13.1. Tubazioni e cavidotti - percorsi esterni interrati

Nel progetto sono previsti i seguenti sistemi di posa:

- tubazione interrata in PVC pesante;
- tubazioni in acciaio zincato a vista nel sottopasso.

Tubazioni portacavi, scatole e cassette di derivazione

I tubi protettivi dei conduttori elettrici saranno:

- del tipo flessibile (corrugato) in PVC autoestinguente per posa sottotraccia a pavimento o parete;
- del tipo rigido in materiale plastico (PVC) per posa interrata con giunti a bicchiere;
- del tipo flessibile corrugato per realizzazione cavidotti interrati, in polietilene.

6.13.2. Canalizzazioni in tubo metallico

Per la realizzazione degli impianti dovranno essere utilizzate canalizzazioni in canale e tubazioni a vista del tipo in acciaio zincato di forte spessore scordonati e filettabili ad elevata resistenza alla corrosione, conformi alla norma CEI 7-6 unitamente all'utilizzo di cassette di derivazione anch'esse in acciaio zincato, con coperchio apribile mediante l'ausilio di un attrezzo.

6.13.3. Percorsi esterni - cavidotti interrati

Tutti i tubi sono previsti del tipo in PVC pesante di tipo rigido o flessibile a doppia parete (interno liscio ed esterno corrugato) a seconda delle esigenze di percorso. Tutti i cavidotti interrati saranno protetti con bauletto in calcestruzzo magro (Rck 150) per impedire schiacciamenti o con letto di sabbia se a profondità maggiore / uguale ad 800-1.000 mm. Per giuntare i tratti di tubazione rettilinea saranno utilizzati manicotti filettati. Tutta la raccorderia sarà in acciaio inox.

6.14. IMPIANTO di ILLUMINAZIONE

I pali per l'illuminazione saranno in acciaio zincato verniciato laminato tronco conico su plinto in cls, completi di apparecchio testa palo per illuminazione stradale e ciclopeditale.

Apparecchi per illuminazione previsti sono tutti in classe II e grado di protezione IP65, con corpo in pressofusione di alluminio, diffusore in policarbonato infrangibile, riflettore in alluminio ossidato e brillantato anodicamente, con ottica CUT-OFF, sorgente luminosa a LED.