

S.S. 502 – S.S. 78 Belforte del Chienti – Sarnano
Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione
stradale in t.s. e potenziamento intersezioni - 2° stralcio.
Cod. SIL ACNOAN00114 Cod. CUP F71B22001170001 CIG 95039446B1

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione generale illustrativa

1	PREMESSA	3
2	ANALISI GENERALE DELLA TRATTA.....	3
3	IDROLOGIA E IDRAULICA.....	5
	3.1 Idrologia.....	5
	3.2 Disposizioni normative	6
	3.3 Analisi idrologica	7
	3.4 Idraulica di piattaforma.....	9
	3.5 Stima delle portate di progetto	9
	3.6 Metodo Razionale	9
4	GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA	10
	4.1 Inquadramento geologico e geomorfologico.....	10
	4.2 Inquadramento idrogeologico.....	12
5	GEOTECNICA.....	12
6	CAMPAGNA INDAGINI.....	13
7	SISMICA.....	16
8	INFRASTRUTTURA STRADALE.....	17
	8.1 Descrizione dell'infrastruttura	17
	8.2 Sezioni tipo	17
	8.2.1 Sezione tipo in rilevato	18
	8.2.1 Sezione tipo in trincea	18
	8.3 Verifiche visibilità	19
	8.4 Barriere di sicurezza	19
	8.5 Segnaletica	20
9	OPERE D'ARTE MINORI	20
	9.1 Tombini idraulici	20
	9.2 Opere lungolinea.....	21
10	OPERE D'ARTE MAGGIORI.....	21
	10.1 Galleria GA.01	21
	10.2 Viadotto VI.01	23

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'intervento esteso di adeguamento tecnico e funzionale della sezione stradale e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 502 "Cingoli" – S.S.N. 78 "Picena" – Belforte del Chienti – Sarnano (Lotto 1), la presente relazione descrive gli aspetti generali e la rappresentazione analitica del progetto di adeguamento funzionale del secondo stralcio.

I lavori ricompresi nel secondo stralcio fanno parte del quadro delle iniziative inquadrate nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) integrato dal Piano Nazionale Complementare (PNC) e dai fondi MIMS CdP ANAS. Nel seguito della relazione sono descritti dettagliatamente gli interventi ricompresi nel lotto in argomento (Lotto 1 - Belforte-Sarnano), nonché i criteri progettuali adottati per la loro definizione.

2 ANALISI GENERALE DELLA TRATTA

Il percorso che dalla valle del Chienti conduce verso Sarnano può essere attualmente intrapreso dal nucleo abitato posto subito a valle del lago di Caccamo (lungo la SP502), o anche, più direttamente, dallo svincolo di Caldarola sulla SS77var.

In entrambi i casi risulta poi necessario attraversare il centro storico di Caldarola e la piazza del Municipio, dove ancora molti edifici sono puntellati a seguito dei danni provocati dal sisma del 2016.

In questa zona la circolazione è attualmente ristretta e controllata da un impianto semaforico a senso unico alternato con significativi condizionamenti, in particolare in vista dell'avvio dei lavori di ricostruzione del borgo storico.

Subito dopo l'evento sismico del 2016 ANAS ha realizzato (in emergenza) un tratto di circa 300m di circonvallazione esterna ad est dell'abitato, lungo la valletta prospiciente il castello dove scorre verso nord il Rio delle Conce.

Allo stato attuale questo piccolo tratto, stralciato da un progetto già di più ampio respiro, che doveva ricollegarsi a nord all'incrocio urbano tra via Aldo Moro e la SP502, e a sud alla SP502 all'incrocio con via delle Concie, è di fatto funzionale solo a spostamenti secondari interni al borgo, ricollegandosi alla viabilità extraurbana solo attraverso strade anguste e con passaggi assai precari: la via del Lago a nord e la strada che sale a Piandebassi a sud o la stessa via delle Conce, che però in alcuni passaggi è quasi impercorribile per la presenza dei fabbricati a margine del paese.

Il transito veicolare diretto dalla valle del Chienti verso Sarnano avviene quindi ancora all'interno del centro storico di Caldarola per i mezzi leggeri (regolato a senso unico alternato come già sopra detto) mentre i mezzi pesanti sono addirittura deviati su un tragitto assai lungo e disagiata che si sviluppa nella valle parallela del Fiastrone (Camporotondo di Fiastrone).

Questa condizione è da considerarsi, con ogni evidenza, la più critica sull'intero percorso tra la valle del Chienti e Sarnano, soprattutto in vista dell'avvio intensivo dei lavori di ricostruzione del borgo storico di Caldarola, che risulterebbero assai disagiati (per non dire quasi impossibili) da eseguirsi, permanendo l'attuale schema di viabilità. Tale situazione è già stata analizzata e risolta mediante le progettazioni ricomprese nel primo stralcio di interventi.

Superata Caldarola il tracciato si sviluppa invece in zone aperte o caratterizzate da rari insediamenti abitativi, spesso di natura rurale, con condizionamenti principalmente dovuti a continue tortuosità locali del vecchio tracciato, introdotte all'epoca per aggirare valli incise o semplicemente per mantenere il corpo stradale addossato localmente ai versanti collinari e limitare così le opere d'arte e i movimenti di terra.

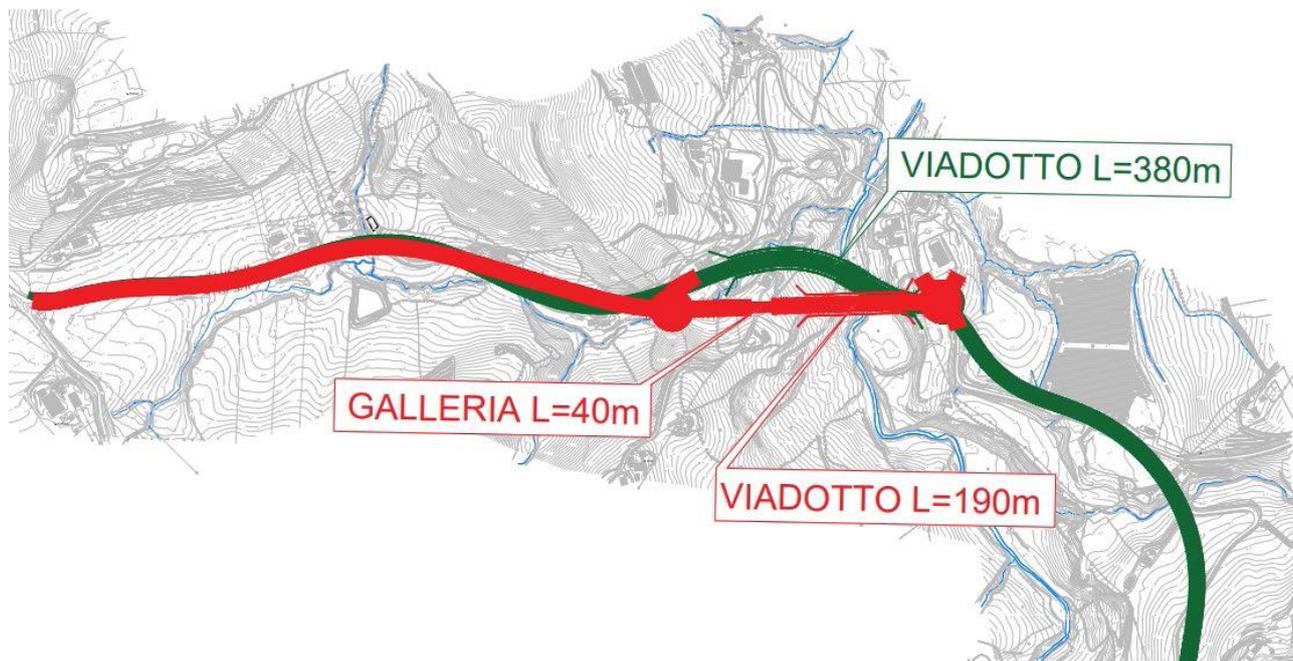
La piattaforma della strada esistente presenta una larghezza complessiva asfaltata intorno ai 6,50-7,0m, con banchine laterali minime o addirittura inesistenti.

Nelle precedenti fasi progettuali è stata svolta anche l'analisi delle alternative, si riporta di seguito l'analisi.

Escludendo di poter rettificare in sede la lunga ansa stradale esistente, le due soluzioni principali considerate sono state le seguenti:

1. Un tracciato (verde) che segue più a lungo possibile la strada esistente (fino a superare in salita le case di Colfano) e poi si stacca in viadotto per poi ripiegare in discesa a sud-est; in questo caso l'opera d'arte risulterebbe più lunga (380m), significativamente più alta, con un tracciato planimetrico di flesso e in pendenza abbastanza marcata, comportando un enorme impatto visivo e apparendo piuttosto sgraziata; sarebbe poi difficile realizzare correttamente il raccordo della viabilità esistente (che deve restare in esercizio costituendo l'accesso di vari insediamenti in sponda sinistra del Fiastrone)
2. Un tracciato (rosso) che si distaccandosi dalla sede esistente prima della salita di Colfano, attraversa in obliquo il fosso sottostante (bacino Chienti 1156 - realizzando un tombamento dello stesso con sovrastante rotatoria di raccordo della viabilità locale), si abbassa ulteriormente realizzando una breve galleria artificiale sulla collinetta prospiciente per poi superare, con un viadotto di lunghezza pari alla metà esatta del precedente (190m anziché 380m), di altezza più contenuta e soprattutto rettilineo e meno pendente longitudinalmente, la profonda incisione del Fiastrone.

La seconda alternativa, anche se comporta un intervento di sistemazione del fosso piuttosto esteso e complesso da eseguire, soprattutto per la ristrettezza degli spazi, appare senza ombra di dubbio la migliore, sia dal punto di vista della funzionalità stradale che dal punto di vista dell'inserimento paesaggistico del viadotto principale, che, se realizzato come nella soluzione 1, verrebbe di fatto a deturpare l'intero ambito valle.



3 IDROLOGIA E IDRAULICA

3.1 Idrologia

Dal punto di vista idrografico l'intervento ricade all'interno del bacino idrografico del Fiume Chienti. Il reticolo idrografico interferito dall' infrastruttura in progetto è rappresentato:

- dal Fiume Fiastrone, tributario di destra, del fiume Chienti,

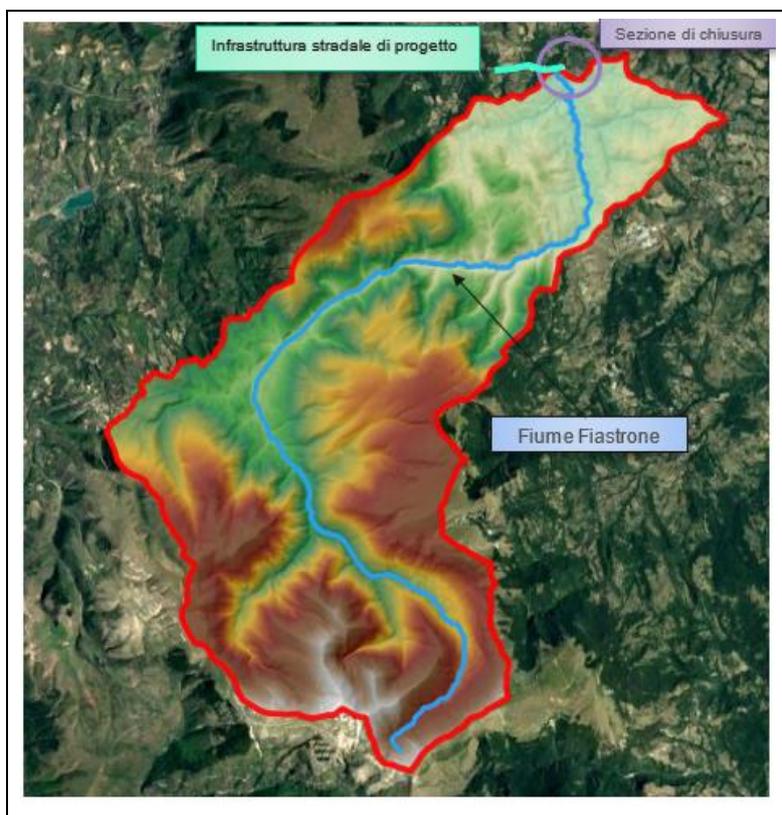


Figura 1: Bacino Idrografico del Fiume Fiastrone

- dal Fosso Chienti.

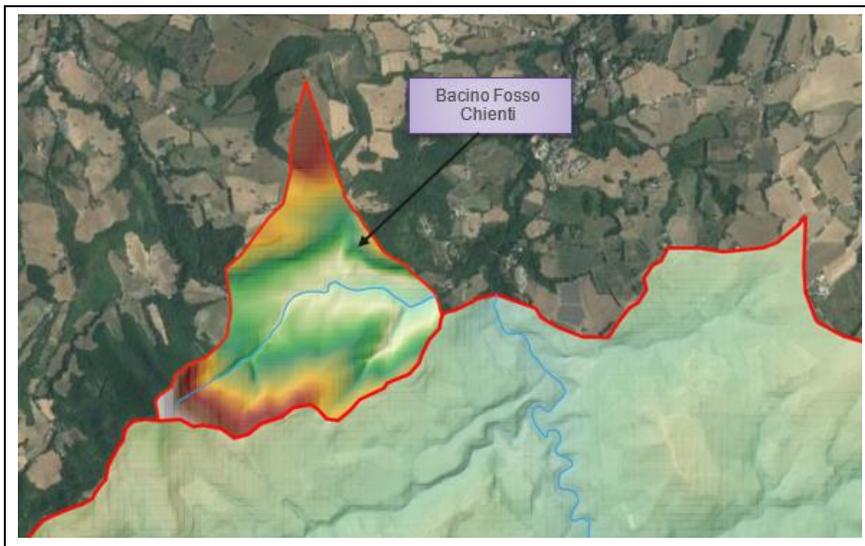
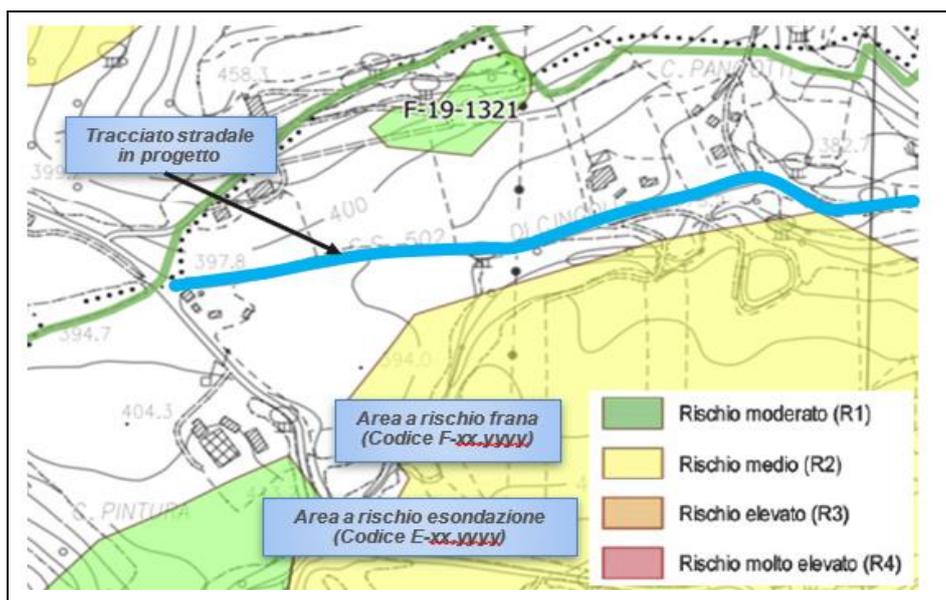


Figura 2: Bacino Idrografico del Fosso Chienti

3.2 Disposizioni normative

L'intervento infrastrutturale in studio ricade all'interno del bacino idrografico del fiume Chienti, di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'appennino Centrale subentrata come organo competente in data 17 febbraio 2017, con l'entrata in vigore del D.M. 25 ottobre 2016 che sopprime le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali e che di fatto ai sensi di legge ha acquisito le funzioni dell'Autorità di Bacino Regionale nello specifico della Regione Marche. L'assetto idrogeologico dell'area interessata dal progetto in esame è regolamentato dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) regione Marche.



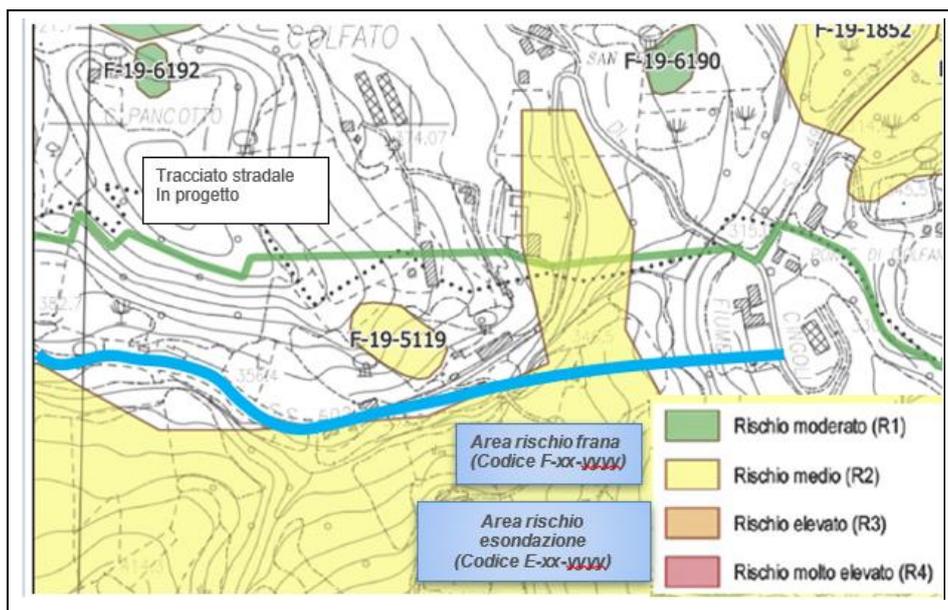


Figura 3: Stralci cartografici Rischio Idrogeologico PAI_ elaborati RI57 b-RI 57c

Dall’analisi degli elaborati cartografici Rischio Idrogeologico (Tavole RI57b - RI 57c), relativi alla definizione delle aree a Rischio Idraulico (indicate con codice E-xx-yyyy) e Rischio Geologico (indicate con codice F-xx-yyyy) del PAI aggiornamento 10/05/2022 (pubblicazione del DPCM 14/03/2022 nella GU Serie Generale n. 108), di cui vengono riportati sopra gli stralci cartografici di interesse, l’intervento infrastrutturale in progetto risulta completamente esterno ad aree a rischio idraulico.

3.3 Analisi idrologica

Lo studio delle piogge avviene utilizzando metodologie statistiche, basate su misure delle altezze di precipitazione realmente osservate.

La rappresentazione di un evento pluviometrico di una certa durata τ , viene effettuata mediante una curva, detta curva segnalatrice di possibilità pluviometrica o climatica, caratterizzata generalmente dalla seguente espressione:

$$h = at^n$$

nella quale h rappresenta l’altezza di precipitazione caduta nell’intervallo di tempo t , a ed n sono dei coefficienti determinati statisticamente. Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (CCP) associate ai diversi tempi di ritorno T_r , nella presente applicazione si analizzano e si confrontano i risultati di due diversi studi.

- Analisi statistica tramite il modello probabilistico di Gumbel dei massimi annui giornalieri della pioggia per le durate di precipitazione di 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrati al pluviografo SI Bologna Osservatorio e Bologna San Luca reperiti direttamente sul sito di Arpa Emilia-Romagna dal 1934 al 2020 compresi.
- Progetto VAPI Italia Centrale, con particolare riferimento a quanto riportato nella “Analisi regionale delle piogge brevi dell’Italia centrale con una relazione intensità -durata-frequenza a tre parametri” Calenda G., Cosentino C

Le verifiche idrauliche vengono cautelativamente condotte con riferimento ai risultati più cautelativi in esito al confronto tra i due metodi. Il confronto tra i valori orari delle altezze di pioggia e di quelle sub orarie ottenuti, (si veda elaborato *T01SG00IDRRE01A_Relazione Idrologica*), mediante l’applicazione delle due metodologie evidenzia come il metodo VAPI sia più cautelativo rispetto al metodo di Gumbel, unica eccezione è rappresentata dalla stazione pluviometrica di Tolentino, che fornisce valori di altezza pioggia superiori, nell’applicazione di tale metodologia. rispetto ai valori ottenuti con la procedura VAPI. con differenze quantificabili nell’ordine del millimetro. Nel prosieguo del presente studio pertanto, anche a fronte del vantaggio nell’utilizzo di una uniforme metodologia di verifica e dimensionamento, verranno adottati per il dimensionamento e la verifica sia degli elementi idraulici appartenenti alla rete di drenaggio della piattaforma stradale sia delle opere di risoluzione delle interferenze del reticolo idraulico naturale esistente con il tracciato di progetto, i valori delle CPP orari e sub orarie fornite dall’applicazione della procedura di regionalizzazione delle piogge del VAPI.

Bacino Fiume Chienti

T _R	a	n
(anni)	(mm/ora)	
25	48.02	0.390
50	53.50	0.390
200	64.72	0.390

Fosso Chienti

T _R	a	n
(anni)	(mm/ora)	
25	48.76	0.329
50	54.33	0.329
200	65.72	0.329

3.4 Idraulica di piattaforma

La rete di drenaggio e collettamento delle acque meteoriche che insistono sulla piattaforma dell'asse di viario di progetto è affidato ad una rete costituita da dispositivi idraulici superficiali consistente:

- per la piattaforma nei tratti che si sviluppano in rilevato dalla cunetta triangolare formata tra il cordolo in bitume e la banchina, da pozzetti in cls 0.60 x 060 m dotati di caditoie grigliate, chiusini in classe D 400 e collettori in Pead in classe SN8;
- per la piattaforma nei tratti che si sviluppano in trincea dalla cunetta alla francese, da pozzetti in cls 0.60 x 060 m dotati di caditoie grigliate, chiusini in classe D 400 e collettori in Pead in classe SN8;
- per il tratto che si sviluppa in viadotto da pluviali e collettori in Pead in classe SN8.

La rete così costituita intercetta e convoglia le acque verso il recapito finale costituito dai due corsi principali interferiti dall'asse stradale di progetto Fosso Chienti e Fiume Fiastrone.

Per maggiore chiarezza e completezza del sistema di drenaggio del quale in seguito, si riportano le verifiche idrauliche, si rimanda agli specifici elaborati di progetto (vedasi elaborato grafico *Planimetria idraulica di drenaggio acque T01SG00IDRPL01A - T01SG00IDRPL02A*).

3.5 Stima delle portate di progetto

Scopo del presente capitolo è la descrizione della metodologia utilizzata per la stima delle portate di progetto necessarie:

- per il dimensionamento del sistema di drenaggio a servizio della nuova viabilità di progetto con tempo di ritorno $T_R = 25$ anni;
- per il dimensionamento dei fossi di guardia a presidio dei tratti di piattaforma in trincea ed in rilevato $T_R = 50$ anni;

Tale operazione sarà condotta grazie all'utilizzo del metodo razionale (si veda elaborato *G00IDRRE03A Relazione Idraulica*.)

3.6 Metodo Razionale

Alla base della procedura vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrvazione del bacino;
- il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avviene senza la formazione di invasi significativi; nel caso si formino invasi significativi il colmo di piena calcolato con questa metodologia sarà sovrastimato.

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{chS}{3,6t_c} (m^3 / s)$$

dove:

- c = coefficiente di deflusso del bacino;
- h = altezza massima di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione (mm);
- S = superficie dell'area drenata (kmq);
- tc = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La stima della h altezza massima di progetto è basata sull'utilizzo delle cpp determinate mediante l'applicazione della metodologia VAPI, I parametri a (in metri) ed n sono quelli della curva di probabilità pluviometrica definiti nella relazione idrologica (elaborato *T01SG00IDRRE01A_Relazione Idrologica*) per i tempi di ritorni indicati al paragrafo precedente, di cui si riportano di seguito i parametri corrispondenti:

T_R (anni)	a (mm/ora)	n
25	48.76	0.329
50	54.33	0.329

4 GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Nell'esecuzione degli studi geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici, in attesa della esecuzione delle indagini geognostiche e geofisiche espressamente pianificate per la progettazione definitiva, si è fatto riferimento agli studi geologici ed i relativi elaborati grafici elaborati per il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica, ai quali si sono aggiunte le informazioni derivanti da sopralluoghi e rilievi specifici nell'area.

Lo studio eseguito, comunque, ha consentito di ricostruire in modo preliminare l'assetto geologico ed idrogeologico, l'assetto geomorfologico-strutturale e sismico dell'area in esame compresa la presenza di eventuali vincoli di carattere territoriale.

4.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area dove ricade il tracciato di progetto strutturalmente rappresenta una zona di raccordo tra i rilievi montuosi calcarei e/o calcareo-marnosi e parte della depressione miocenica, il cui nucleo è presente ad est dell'area di interesse. Nell'area sono presenti alternanze di marne calcaree, marne argillose, calcari e calcari marnosi depositi nell'intervallo Eocene medio (41,2 Ma) - Tortoniano (11,63 Ma) e da alternanze di termini arenacei, arenaceo pelitici e pelitico-arenacei, rappresentate dalle unità litologiche del Bisciario, dallo Schlier, dalle Molasse inferiori e dalla Formazione gessoso-solfifera. Tutta l'area presenta una copertura continentale costituita da depositi superficiali argilloso-limoso-sabbiosi di spessore cospicuo in corrispondenza di scarpate o vallecicole concave, e depositi alluvionali terrazzati prevalentemente ghiaiosi, di discreta estensione e potenza, lungo le valli fluviali. Per quanto riguarda le forme, i depositi ed i processi dovuti all'azione delle acque correnti superficiali ed alla gravità, nell'area in oggetto sono presenti scarpate di erosione fluvio-torrentizia (attive, inattive e quiescenti, con prevalenza delle ultime), lungo l'asse vallivo del Fiume Fiastrone. Soprattutto per quanto riguarda il Fiume Fiastrone, in corrispondenza di tratti dell'alveo ad andamento meandriforme, si hanno fenomeni di intensa erosione laterale attiva e in stato quiescente, che talora danno luogo a fenomeni di franamento della scarpata fluviale. Nell'area sono piuttosto diffuse le scarpate poligeniche con influenza strutturale e fenomeni gravitativi di versante. Le verifiche delle condizioni di stabilità delle aree attraversate dal tracciato di progetto sono state eseguite mediante la consultazione della documentazione di settore del PAI e

del Catalogo IFFI e specifici sopralluoghi in situ. La documentazione IFFI mostra la presenza di alcuni fenomeni franosi di differente natura e genesi, mentre la cartografia PAI ha evidenziato una vasta area instabile a rischio medio interessata dal tracciato, come si evince dagli stralci cartografici di seguito riportati:

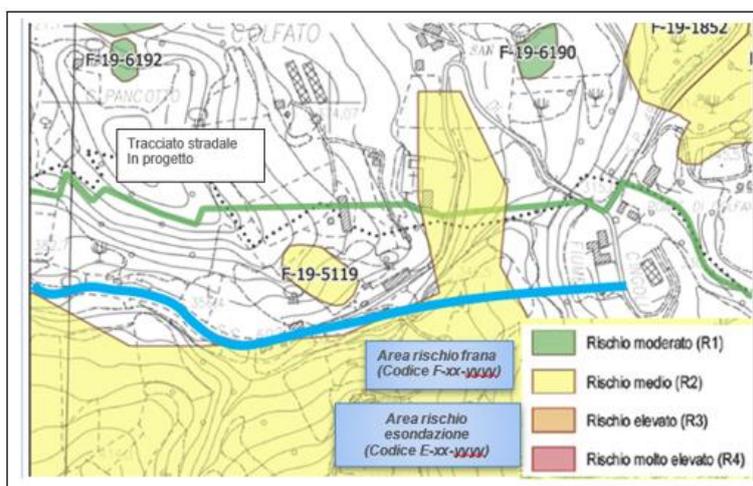
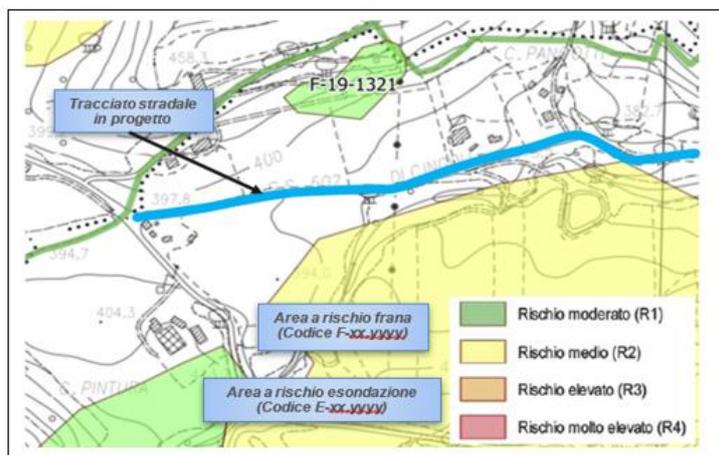


Figura 1: Stralcio cartografici Rischio Frana PAI_ elaborati RI57 b-RI 57c

Figura 2:

E' stata evidenziata inoltre la presenza di un'area ad elevata instabilità geomorfologica ubicata sul versante sinistro del Fiastrone, a sud del viadotto di progetto. Tale area è costituita da corpi di frana recenti (di tipo rotazionale/traslattivo e di tipo colamento) con interposta un'area caratterizzata da soliflusso e creeping. La zona presenta anche numerose scarpate morfologiche dovute sia alle corone di frana che a possibili successivi fenomeni di detensionamento. Tale area interferisce con la spalla ovest del Viadotto di progetto VI01 e con la pila P1 (cfr. figura successiva).

Al fine di attivare da subito un monitoraggio dell'area è stata prevista, durante la campagna geognostica per il progetto definitivo, la realizzazione di un inclinometro posto nelle vicinanze della scarpata morfologica vicino alla spalla ovest del viadotto lato monte rispetto allo scorrimento del Fiastrone.

La progettazione delle fondazioni della spalla del viadotto, degli eventuali muri andatori e della pila 1 del viadotto dovrà prevedere adeguate opere o presidi volti alla riduzione del rischio geomorfologico di quest'area.

4.2 Inquadramento idrogeologico

In relazione all'assetto idrogeologico l'area di progetto è interessata da modesti acquiferi alluvionali all'interno della valle del Fiume Fiastrone e da ancora più modesti acquiferi delle formazioni terrigene e dei depositi eluviali e colluviali di versante.

Le indagini geognostiche eseguite per il PFTE (Anno 2022) hanno visto la realizzazione di alcuni piezometri attraverso i quali nel tempo sono state effettuate delle letture piezometriche per rilevare la presenza della falda e la sua profondità rispetto al piano campagna ed in valore assoluto.

Le misure effettuate hanno rilevato la presenza di livelli di falda costanti nel tempo anche a distanza di 8 mesi ed in stagioni differenti (fine autunno ed estate piena).

Da evidenziare nei sondaggi S4 ed S4bis la presenza della falda a quote che interferiscono con la galleria artificiale. Si tratta di falde presenti all'interno dei termini eluvio-colluviali e dei sottostanti termini pelitico-arenacei quindi abbastanza contenute che però necessitano di essere attenzionate in occasione degli scavi soprattutto della galleria artificiale, per i quali si dovrà necessariamente prevedere l'aggettamento delle acque e la loro gestione per il corretto allontanamento e smaltimento.

5 GEOTECNICA

Il modello geotecnico delle opere in oggetto è stato definito con riferimento al modello geologico illustrato negli elaborati specifici, considerando gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici individuati. Sono stati, inoltre, analizzati tutti i dati disponibili (rilievo geologico, risultati delle indagini in sito, rilievo della falda) per la definizione delle unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, del regime delle pressioni interstiziali e dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Nell'attesa delle risultanze della campagna geotecnica in corso, si ritiene opportuno evidenziare che nelle successive fasi della progettazione dovranno essere approfonditi sia l'assetto geologico strutturale e stratigrafico nelle aree di intervento, sia il comportamento meccanico delle unità geotecniche individuate.

Al fine del dimensionamento delle opere si possono individuare due unità geotecniche principali:

● UG2 – ARGILLA CON LIMO SABBIOSA

L'UG 2 è costituita da depositi eluvio-colluviali e depositi alluvionali attuali e terrazzati ed è caratterizzata da una granulometria che presenta una forte percentuale di componente limosa e argillosa in matrice sabbiosa. Questa unità geotecnica presenta uno spessore variabile compreso tra 5 e 15 metri, raggiungendo localmente profondità dell'ordine dei 30 m.

● UG4 – FORMAZIONE ARENACEO-MARNOSA

L'UG 4 è costituita dalla litofacies pelitico-arenacea ed è caratterizzata da una granulometria che presenta una significativa percentuale di componente limosa e argillosa in matrice sabbiosa. Dalle indagini in sito effettuate in corrispondenza di questa unità è possibile caratterizzare tale unità geotecnica come terreno.

Si rimanda alla successiva fase di progettazione lo studio dei risultati di laboratorio completi e la successiva caratterizzazione geotecnica delle unità geotecniche.

Inoltre, si sottolinea che la determinazione dei parametri geotecnici delle unità litologiche è stata eseguita in accordo con i risultati delle sole prove di laboratorio, in quanto le prove dinamiche eseguite nei fori di sondaggio sono risultate spesso a rifiuto.

Nel seguito si riporta una sintesi dei valori caratteristici dei principali parametri geotecnici assunti per la progettazione.

Unità	γ kN/m ³	c'		ϕ'		E' _{op}			C _u	
		kPa		°		MPa			kPa	
-	-	min	max	min	max	min	max	z (m)	min	max
UG2	18 ÷ 20	10	20	22	30	15	60	-	-	-
UG4	18 ÷ 20	0	5	29	31	10	50	0 ÷ 10	-	-
						50	80	>10		

Tabella 1: Tabella di sintesi dei parametri geotecnici individuati

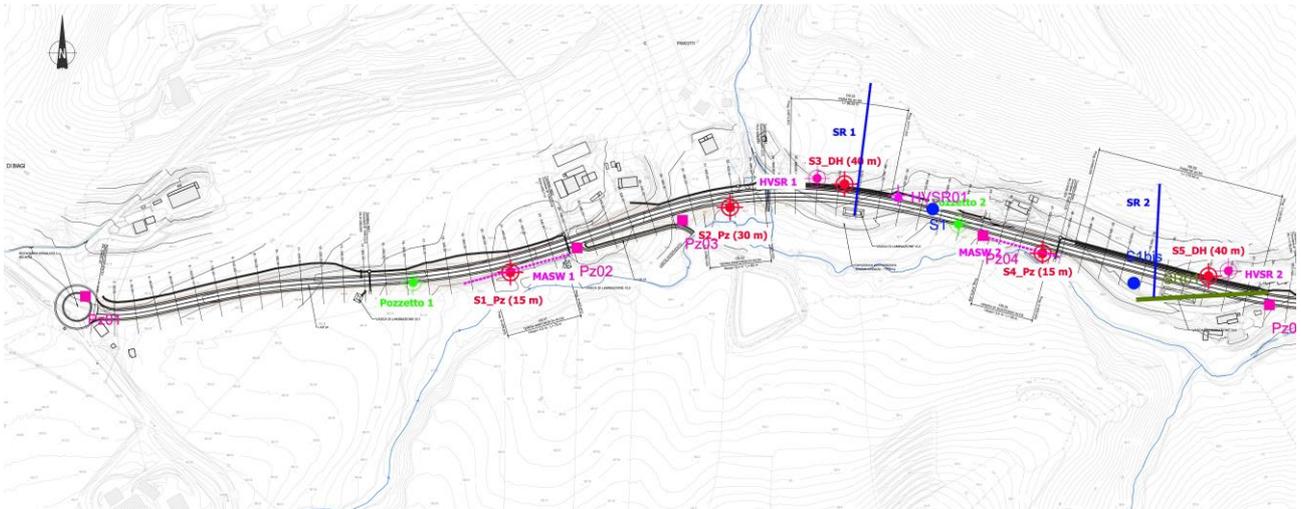
6 CAMPAGNA INDAGINI

Le indagini integrative pianificate per la progettazione definitiva derivano dall'analisi dell'assetto geologico e geomorfologico dell'area interessata dal tracciato di progetto.

Nel primo tratto compreso tra le due rotatorie il progetto prevede un adeguamento in sede con alcuni tratti leggermente in variante, adeguamento che vedrà tratti in allargamento lato valle in rilevato, tratti in allargamento lato monte in scavo con altezze variabili, localmente interessati da opere di contenimento di altezze massime variabili da 4 a 9 metri: pertanto, le indagini integrative previste saranno finalizzate alla caratterizzazione del piano di posa per i tratti in rilevato, con pozzetti esplorativi e prove di carico su piastra, alla caratterizzazione dei terreni interessati da scavo con sondaggi, prove down-hole e sismica a riflessione per la caratterizzazione dei versanti interessati dagli scavi e per la caratterizzazione dei terreni interessati dalle fondazioni dei muri di contenimento. Per la caratterizzazione della portanza dei piani di posa, la valutazione dei possibili cedimenti e il loro decorso nel tempo, si prevedono prove in sito e laboratorio atte a valutare i parametri geotecnici mirati a stimare la compressibilità dei terreni presenti e la loro permeabilità per valutare il decorso dei cedimenti stessi nel tempo. Le prove previste in questo tratto di tracciato sono:

- n°6 sondaggi a carotaggio continuo con sviluppo variabile tra 15 e 40 m dal piano campagna in funzione dell'importanza delle opere previste;
- n°3 pozzetti per esecuzione di n°3 prove di carico su piastra (doppio ciclo);
- n° 2 prove sismiche in foro tipo down-hole;
- allestimento di n°3 piezometri per il controllo della falda;
- esecuzione di n° 2 prove MASW;
- n° 2 prove HVSR.

- n° 2 stese sismiche a riflessione.

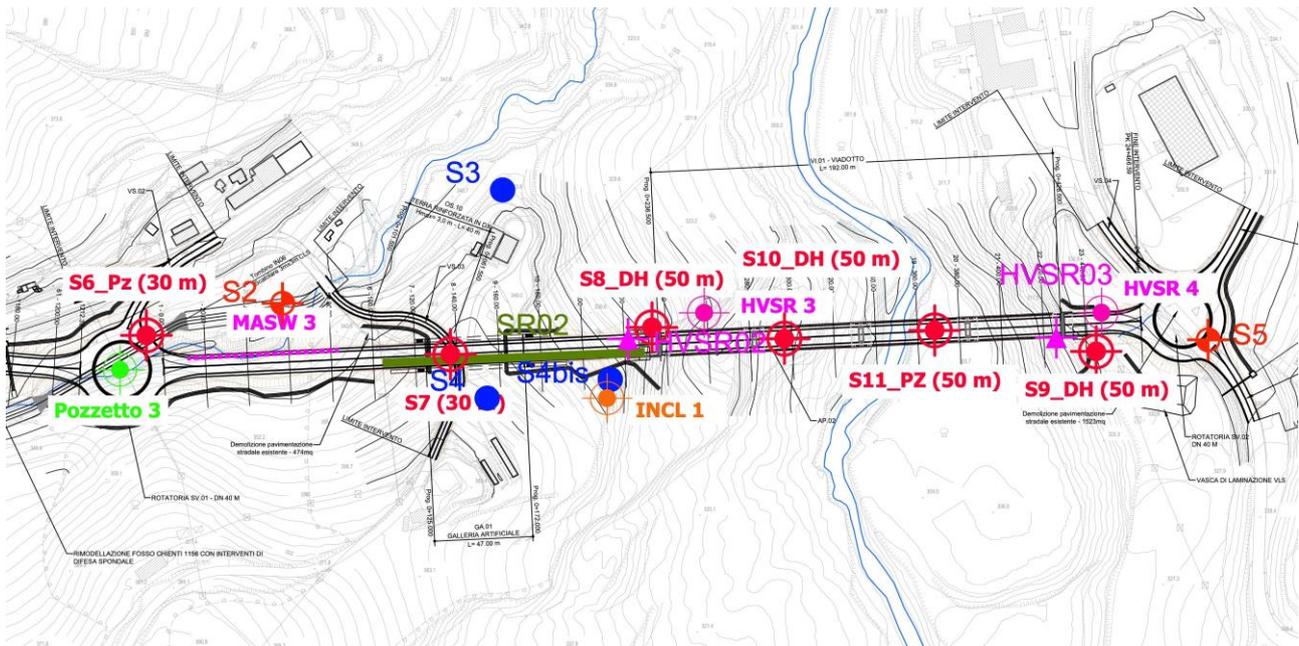


Per quanto concerne il secondo tratto, tra la rotonda SV.01 e la rotonda SV.02, il progetto prevede il tratto completamente in variante con due importanti opere d'arte rappresentate da una breve galleria artificiale di 40 metri ed un viadotto (VI.01) di circa 190 m.

In corrispondenza delle spalle e delle pile del viadotto, quindi, si prevede la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 50 metri, necessari per verificare la portanza dei pali di fondazioni previsti per sostenere le spalle e le pile. Tali sondaggi, inoltre, al termine della perforazione, saranno, condizionati per l'esecuzione di prove Down-hole al fine di determinare i parametri sismici. Un altro sondaggio della profondità di 30 metri è stato previsto in corrispondenza della galleria artificiale. In questo tratto si prevede di realizzare anche una MASW in corrispondenza della galleria artificiale. Le prove sismiche sono completate da n° 2 prove HVSR.

Le prove previste in questo tratto di tracciato sono:

- n°5 sondaggi a carotaggio continuo con sviluppo variabile tra 30 e 50 m dal piano campagna in funzione dell'importanza delle opere previste;
- n° 3 prove sismiche in foro tipo down-hole;
- allestimento di n°2 piezometri per il controllo della falda;
- esecuzione di n° 1 prova MASW;
- n° 2 prove HVSR.



Le indagini saranno completate dall'esecuzione di prove SPT in foro e dal prelievo di campioni indisturbati per successive prove di laboratorio.

In relazione alle prove di laboratorio si prevede di caratterizzare tutti i campioni attraverso le seguenti prove:

- Apertura campione, descrizione geotecnica e prove speditive di consistenza;
- Determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Peso specifico dell'unità di volume e dei grani;
- Analisi granulometrica completa meccanica + sedimentazione;
- Limiti di Atterberg;

e di realizzare, sugli stessi:

- prove edometriche;
- prove di taglio alla scatola di Casagrande;
- prove triassiali tipo UU;
- prove triassiali tipo CU;
- prove triassiali tipo CD;
- prove di Colonna risonante.

Durante l'esecuzione di ciascun sondaggio si prevedono le seguenti attività:

- rilievo stratigrafico;
- ricostruzione stratigrafica sul materiale prelevato;
- rilievo speditivo sul materiale coesivo mediante prove con pocket penetrometer (adeguato fondo scala) passo 20 cm;
- prelievi di campioni indisturbati di materiale coerente;
- prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT (Standard Penetration Test).

Le attività di indagine prevede anche la predisposizione di un inclinometro in corrispondenza della spalla occidentale del viadotto VI01.

7 SISMICA

Per la ricostruzione dei profili di velocità in onde V_p e V_s , la determinazione dei moduli dinamici dei materiali carotati, la determinazione del parametro V_{seq} o V_{s30} ai sensi delle NTC 2018 e la definizione categoria sismica del suolo di fondazione, in corrispondenza dei sondaggi S02 ed S05 opportunamente attrezzati, sono state effettuate n. 2 specifiche prove sismiche in foro di tipo Down-Hole.

Sondaggio	Profondità	Esecuzione down hole	Impresa esecutrice	Anno
(codice)	(m)	(m)	(-)	(-)
S02	40	41	Albanese Perforazioni srl	Novembre 2022
S05	40	41	Albanese Perforazioni srl	Novembre 2022

Tabella 2: Dettaglio delle misure sismiche in foro tipo down-hole

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la Normativa Italiana (D.M. 17/01/2018), prevede la valutazione della risposta sismica locale mediante specifiche analisi come definite al §7.11.3 del D.M. 17/01/2018, oppure in assenza di tali analisi, attraverso un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo, come riportato nella Tabella 3.

Suolo	Descrizione geotecnica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 3: Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. (Tabella 3.2.11 delle NTC 2018)

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{seq} (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- h_i spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le analisi condotte a partire da 3.0 m di profondità dal piano campagna (corrispondente al piano di posa delle fondazioni) permettono di definire una velocità equivalente delle onde di taglio alla quale, in accordo con le NTC18, si determina una categoria di sottosuolo pari a "B".

Le analisi condotte a partire dal piano campagna permettono di definire una velocità equivalente delle onde di taglio alla quale, in accordo con le NTC18, si determina una categoria di sottosuolo pari a "C".

8 INFRASTRUTTURA STRADALE

8.1 Descrizione dell'infrastruttura

L'infrastruttura di progetto si presenta, in entrambi i tratti AP.01 e AP.02, come una strada di tipo C1 extraurbana secondaria ai sensi del DM 05/11/2001. L'intervallo di velocità di progetto è pari a 60-100 km/h per l'intero sviluppo del tracciato.

L'asse di tracciamento è unico e collocato sempre al centro della sezione dove avviene la rotazione dei cigli, così come indicato dalla normativa.

Per permettere la risoluzione di criticità peculiari del tracciato, legate soprattutto ad accessi sull'asse principale che in seguito alla realizzazione di quanto in progetto saranno chiusi o a collegamenti di tipo poderale che non saranno più fruibili, è stata prevista una rete di viabilità secondarie di ricucitura o di servizio.

Le strade appartenenti a tale rete sono state inquadrare - sensi del D.M. 2001 – come "strade a destinazione particolare", ovvero strade per le quali tutte le prescrizioni caratterizzate dal parametro "velocità di progetto" non sono applicabili. Si tratta, in ambito extraurbano, di strade agricole, forestali, consortili e simili, nelle quali le dimensioni della piattaforma vanno riferite in particolare all'ingombro dei veicoli di cui è previsto il transito.

8.2 Sezioni tipo

La sezione trasversale stradale adottata per l'asse principale è relativa ad una Strada Extraurbana Secondaria (Categoria C1) con una sezione trasversale stradale con soluzione base a 1+1 corsie di marcia. Tale configurazione prevede una carreggiata costituita da due corsie di marcia pari a 3,75 m, banchina in destra e sinistra pari a 1,50 m, per una larghezza complessiva della piattaforma stradale pari a 10.50m. Nei tratti in

curva, ove necessario, sono stati previsti allargamenti della carreggiata per la visibilità in corrispondenza del margine laterale.

Allo scopo di garantire un agevole smaltimento delle acque meteoriche interessanti la piattaforma stradale, nei tratti in rettilineo la piattaforma presenta una doppia falda inclinata verso l'esterno con pendenza pari a 2,5%, mentre nei tratti in curva la piattaforma presenta una rotazione delle falde con inclinazione nella direzione del centro della curva con pendenza variabile, in funzione del raggio della curva.

Nel seguito sono illustrate e descritte le tipologie principali di sezioni tipo previste per l'asse principale.

Le tipologie e configurazioni di sezioni tipo previste nell'ambito del progetto sono illustrate negli specifici elaborati contenuti nella sezione "PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA - Parte generale" e nelle specifiche sezioni relative alle "OPERE D'ARTE" a cui si rimanda per i dettagli.

8.2.1 Sezione tipo in rilevato

Nei tratti in rilevato, le banchine sono raccordate alle scarpate mediante un elemento di raccordo (arginello), di larghezza di 1,50 m, destinato ad ospitare il dispositivo di ritenuta per la protezione laterale costituito da barriera di sicurezza di classe H2.

Le scarpate presentano una inclinazione rispetto all'orizzontale pari a 2/3, e sono rivestite con terreno vegetale, di spessore minimo pari a 30 cm, allo scopo di preservarle dall'erosione derivante dal ruscellamento delle acque meteoriche.

Per la base di appoggio dei rilevati, si prevede l'asportazione dello strato superficiale di terreno vegetale per uno spessore di 20 cm (scotico) e bonifica di 30 cm.

Allo scopo di garantire la protezione del corpo del rilevato dalle acque di risalita capillare, in corrispondenza dell'interfaccia tra lo strato di bonifica ed il terreno in sito è prevista l'interposizione di un telo di geotessile anti contaminante leggero.

Per altezze del corpo stradale maggiori di 5 m, allo scopo di garantire idonee condizioni di stabilità, si prevede la realizzazione di una scarpata con inclinazione pari a 2/3 rispetto all'orizzontale fino ad un'altezza pari a 5 m, con la realizzazione di una banca orizzontale di larghezza pari a 2 m dopo la quale la scarpata riprende l'inclinazione di 2/3 sull'orizzontale.

Al piede dei rilevati ad una distanza dal piede della scarpata pari a 0,50 m, si prevede la realizzazione, su entrambi i lati, di fossi di guardia a sezione trapezia per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche afferenti alla piattaforma stradale ed alle scarpate. Oltre i fossi di guardia, sono posizionate le recinzioni che definiscono il limite del confine stradale.

8.2.1 Sezione tipo in trincea

Nei tratti in trincea, le banchine sono raccordate alle scarpate un tratto di larghezza di 1,00 m, destinato ad ospitare un elemento idraulico di raccolta acque (cunetta).

La pavimentazione risulta delimitata sul ciglio esterno dalla cunetta alla francese

Le scarpate presentano una inclinazione rispetto all’orizzontale pari a 2/3, e sono rivestite con terreno vegetale, di spessore minimo pari a 30 cm, allo scopo di preservarle dall’erosione derivante dal ruscellamento delle acque meteoriche.

Per altezze di scavo del corpo stradale maggiori di 5 m, allo scopo di garantire idonee condizioni di stabilità e per ridurre gli ingombri planimetrici, si prevede la realizzazione di una paratia di pali con una scarpata in testa con inclinazione pari a 2/3 rispetto all’orizzontale.

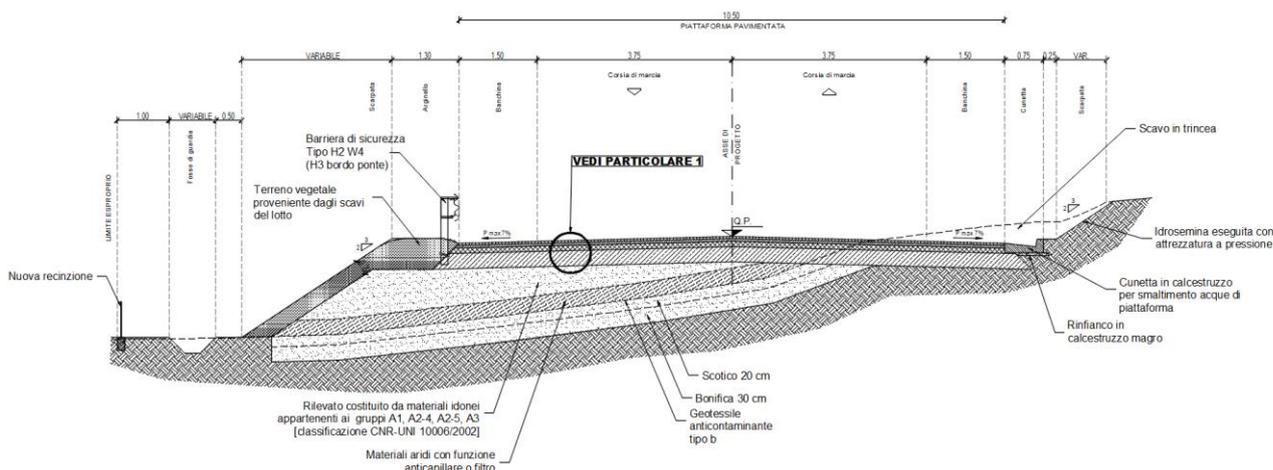


Figura 3: Sezione tipo in mezzacosta

8.3 Verifiche visibilità

La verifica della sussistenza di visuali libere commisurate alla distanza di visibilità per l’arresto ai sensi del D.M. 05/11/2001 è stata svolta considerando l’andamento plano-altimetrico del tracciato attraverso un modello tridimensionale. Il modello tridimensionale adottato ai fini della verifica ha previsto una sezione trasversale semplificata avente come ostacolo alla visibilità un elemento verticale di altezza pari a 1,10 m in corrispondenza del limite esterno della banchina.

La verifica delle distanze di visuale libera considerando l’andamento plano-altimetrico del tracciato attraverso il modello tridimensionale utilizzato è dettagliata negli specifici elaborati “Diagramma di velocità e visuale libera”.

Da tali elaborati, a cui si rimanda per i dettagli, si evince che, in conformità alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001, lungo l’intero tracciato risulta assicurata, per entrambe le corsie della carreggiata, una distanza di visuale libera superiore alla visuale libera richiesta per l’arresto.

Le verifiche hanno evidenziato la necessità di operare, lungo alcuni tratti, arretramenti degli ostacoli laterali (barriere di sicurezza), mediante ampliamento della carreggiata, al fine di rendere congruenti le distanze di visuale libera con le distanze di visibilità richieste per l’arresto.

8.4 Barriere di sicurezza

Lungo i margini stradali è stata prevista l’installazione di barriere di sicurezza longitudinali allo scopo di realizzare accettabili condizioni di sicurezza, garantendo, entro certi limiti, il contenimento dei veicoli che

dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale. La scelta delle barriere (caratterizzata da una certa classe alla quale è associato un determinato livello di contenimento) è avvenuta coerentemente alle prescrizioni normative contenute nel D.M. 21/06/2004 (Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali), ovvero in funzione del tipo di strada, del tipo di traffico e della destinazione della barriera.

I dispositivi di ritenuta sono stati definiti tenendo conto del Decreto 18 febbraio 1992 n. 223, così come modificato dal D.M. 3.6.1998, dal D.M. 21.6.2004 e dal D.M. 28.6.2011, ed alle prescrizioni di cui al D.M. 28.6.2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale". Inoltre, sono state prese in considerazione le indicazioni contenute nella Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.7.2010 n. 62032 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali".

Sulla base della classe di traffico, delle indicazioni e prescrizioni normative, delle caratteristiche del corpo stradale e delle condizioni geometriche e vincoli esistenti, il progetto delle barriere longitudinali ha previsto l'impiego della classe e tipologia seguente:

- Barriera metallica classe H2 bordo laterale
- Barriera metallica classe H3 bordo ponte

8.5 Segnaletica

Il progetto della segnaletica orizzontale e verticale è stato sviluppato coerentemente alle prescrizioni contenute nel "Nuovo Codice della Strada D.L. n. 285 del 30/04/1992" (Artt. 38, 39, 40, 41, 42) e nel "Regolamento d'esecuzione ed attuazione del Nuovo Codice della Strada D.P.R. n. 495 del 16/12/1992".

Allo scopo di consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità e garantire informazioni utili per l'attività di guida, il progetto della segnaletica orizzontale e verticale è stato redatto in modo da rispondere ai seguenti requisiti:

- congruenza con la situazione stradale che si vuole descrivere;
- coerenza sul medesimo itinerario;
- omogeneità sul medesimo itinerario.

Si precisa che la segnaletica sarà concordata con l'Ente gestore della viabilità in oggetto, per cui essa potrà essere modificata rispetto al progetto sviluppato.

Per i dettagli riguardanti la configurazione della segnaletica orizzontale ed il tipo ed ubicazione della segnaletica verticale, si rimanda agli specifici elaborati.

9 OPERE D'ARTE MINORI

9.1 Tombini idraulici

Nel progetto sono presenti 2 tombini scatolari al di sotto dei rilevati relativi al nuovo collegamento di cui sopra.

Se ne riportano di seguito le caratteristiche:

Interferenza	Tipologia opera	Toponimo	Tr (anni)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Pk inizio	Pk fine	Campate/Dimensioni (m)
TM.01	Tombino	-	200	5.12	0+652.83		2 x 2
TM.02	Tombino	Fosso Chienti	200	14.77	Rotatoria SV.02		3 x 3

9.2 Opere lungolinea

Lungo l'intero progetto sono presenti opere di sostegno e contenimento di seguito riportate:

Opera	Asse di riferimento	Sviluppo	Pk inizio	Pk fine	Tipologia opera	
OS.01	AP.01	75.00	0.378.81	0+453.81	sostegno	Terra rinforzata in dx
OS.02	AP.01	60.00	0+590.42	0+650.42	sostegno	Terra rinforzata in dx
OS.03	AP.01	96.50	0+674.91	0+771.41	contenimento	Tipologia in fase di valutazione
OS.04	AP.01	60.00	0+870.00	0+930.00	sostegno	Muro in gabbioni
OS.05	AP.01	179.50	0+950.00	1+129.50	contenimento	Tipologia in fase di valutazione
OS.10	VS.03	40.00	0+061.55	0+101.55	sostegno	Terra rinforzata in dx

10 OPERE D'ARTE MAGGIORI

10.1 Galleria GA.01

L'opera in oggetto si estende longitudinalmente per 84.00 m e trasversalmente per 15.70 m.

La **galleria** è costituita da paratie di pali di diametro 1000 mm e si estende per 47.00 m. L'interasse longitudinale tra i pali è pari a 1.10 m, quello trasversale è pari a 14.18 m.

Le **opere di imbocco** sono costituite anch'esse da paratie di pali di diametro 1000 mm e si estendono complessivamente per 37.00 m.

Planimetricamente l'opera è in rettilineo.

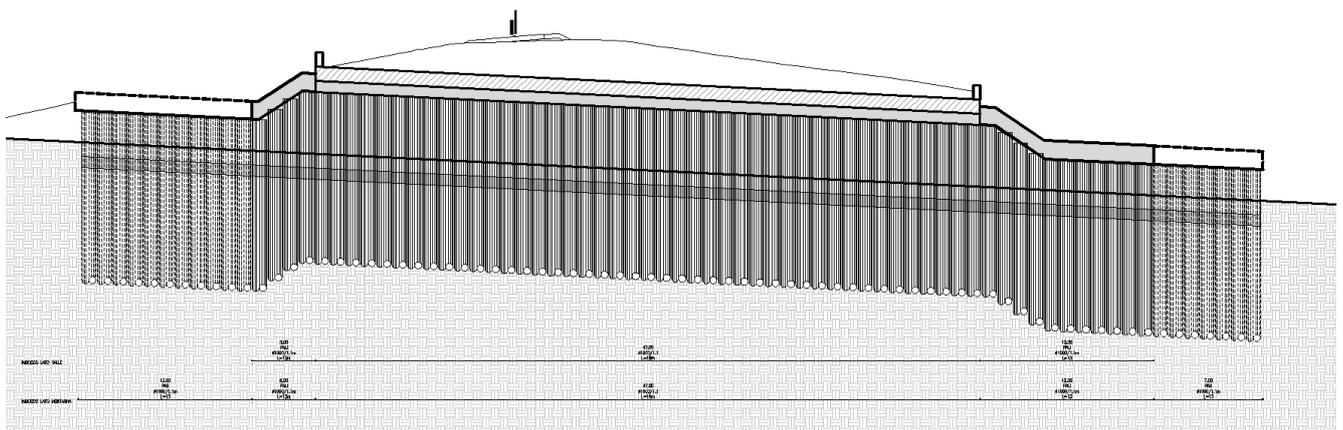


Figura 4: Profilo longitudinale dell'opera

La galleria in oggetto è costituita da un solettone superiore di spessore pari a 1.00 m, un solettone inferiore di spessore pari a 0.80 m e da pareti costituite da paratie di pali di diametro 1000 mm, interasse longitudinale pari a 1.00 m e interasse trasversale pari a 14.18. La lunghezza totale dei pali è pari a 18.00 m.

In testa ai pali è prevista la realizzazione di un cordolo di collegamento che segue l'andamento delle paratie ed ha una sezione trasversale pari a 1.3 m di larghezza e 1.8 m di altezza.

È prevista la realizzazione di una controparete in c.a. di spessore pari a 0.30 m per tutta la superficie laterale interna della galleria.

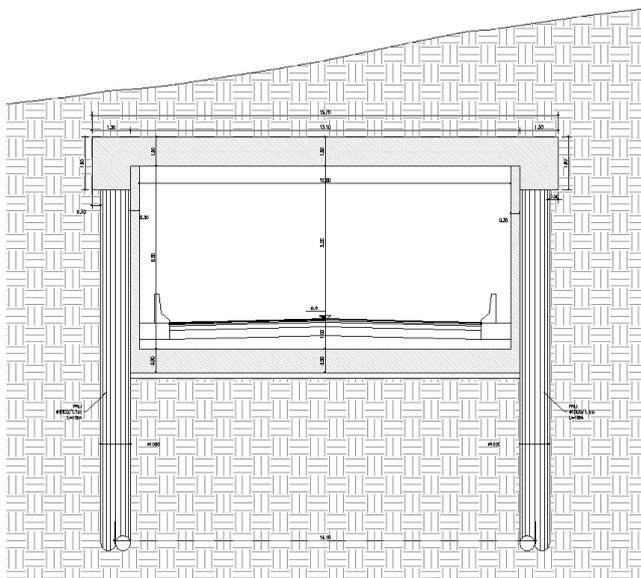


Figura 5: Sezione trasversale della galleria

Le opere di imbocco in oggetto sono costituite da paratie di pali di diametro 1000 mm, interasse longitudinale pari a 1.00 m e interasse trasversale pari a 14.18. La lunghezza totale dei pali è pari a 13.00 m.

In testa ai pali è prevista la realizzazione di un cordolo di collegamento che segue l'andamento delle paratie ed ha una sezione trasversale pari a 1.6 m di larghezza e 1.3 m di altezza.

È prevista la realizzazione di una controparete in c.a. di spessore pari a 0.30 m per tutta la superficie laterale interna della galleria.

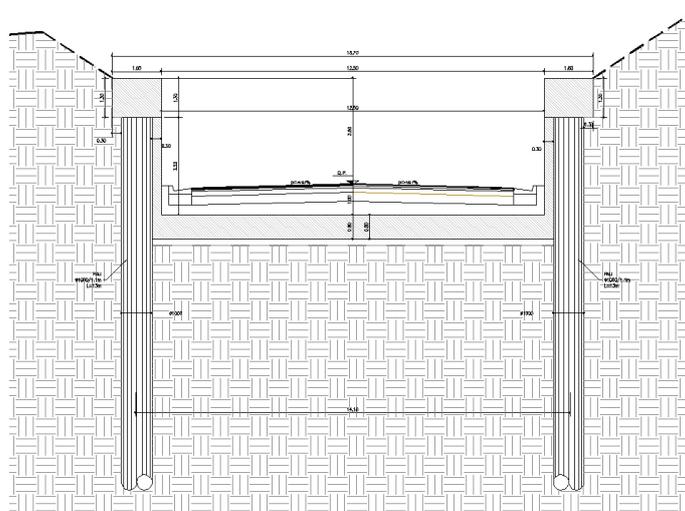


Figura 6: Sezione trasversale degli imbocchi

10.2 Viadotto VI.01

L'opera prevede la realizzazione del nuovo viadotto, il quale consente di superare il fiume Fiastrone. La nuova struttura parte dalla progressiva 0+237.00km (asse appoggi spalla A) fino alla progressiva 0+429.00km (asse appoggi spalla B).

Planimetricamente il viadotto è in rettilineo.

Le sottostrutture sono costituite dalle due spalle e da tre pile.

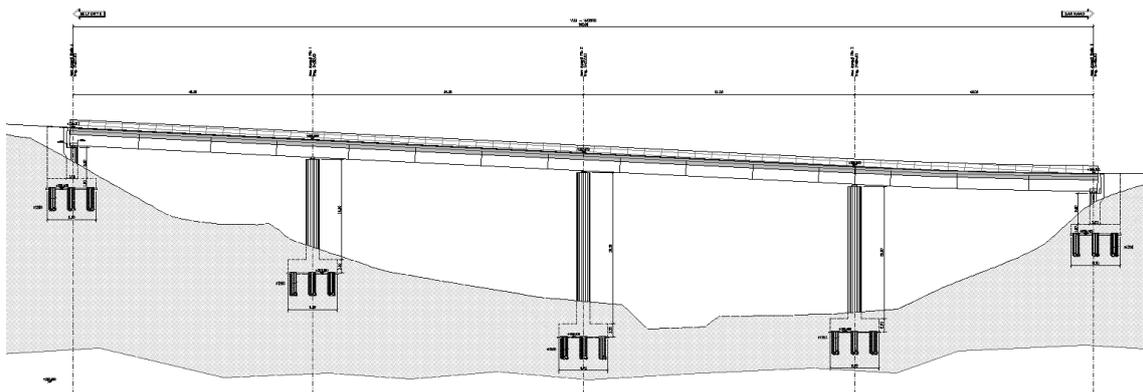


Figura 7: Profilo longitudinale dell'opera

L'impalcato è costituito da una struttura mista acciaio-calcestruzzo di lunghezza complessiva pari a 193.40m (192.00m misurato asse appoggio-asse appoggio), suddivisa in quattro campate di luce appoggi – appoggi pari a 45m (due campate esterne spalla-pila) e 51m (due campate pila-pila).

L'impalcato in acciaio presenta inoltre degli irrigidimenti trasversali e longitudinali ed è dotata di controventi superiori e inferiori a croce di S. Andrea.

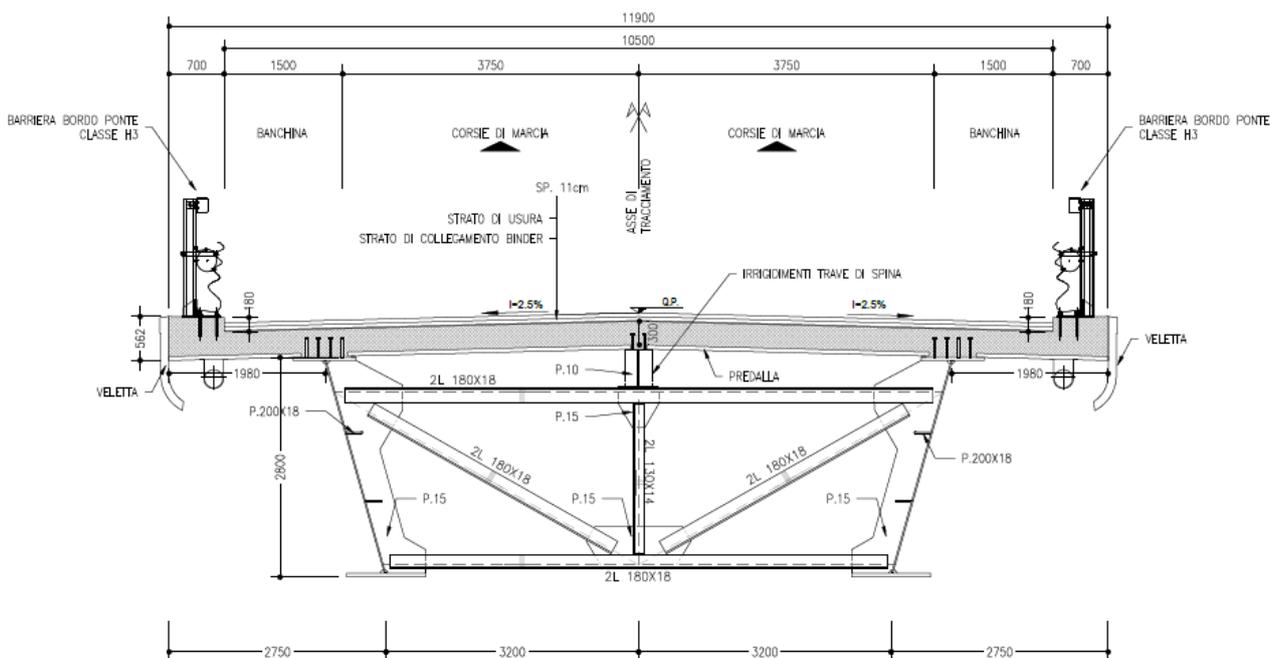


Figura 8: Sezione trasversale impalcato

Il sistema di vincolo della sovrastruttura è costituito da isolatori in gomma a mescola dura (“H”); il dispositivo previsto sulla pila ha diametro dell’elastomero di 800 mm e uno spessore totale di gomma pari a 160mm, per la spalla tali grandezze sono rispettivamente pari a 600mm e 176mm.

Le spalle scaricano i carichi provenienti dalla sovrastruttura al terreno tramite una fondazione su pali; nello specifico sono presenti 12 pali di diametro pari a 1200mm lunghi 35m sia sotto la spalla A che sotto la spalla B; su questi insiste la fondazione, di dimensioni pari a 12.80m X 9.20m in pianta e 1.80m di altezza.

Le spalle, uguali tra loro, presentano un muro di testata spesso 2.00m, scalettato con altezza 5.90m e di larghezza pari a 11.90m, su cui insistono i baggioli della struttura. Il paraghiaia, dello spessore di 60cm, presenta un ringrosso in corrispondenza del giunto trasversale e si collega ai muri di risvolto, dello spessore di 60cm ed una lunghezza di 3.65m.

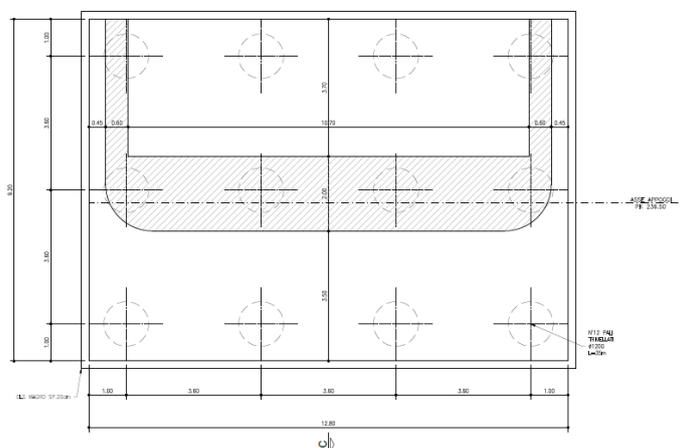


Figura 9: Pianta fondazione spalla A

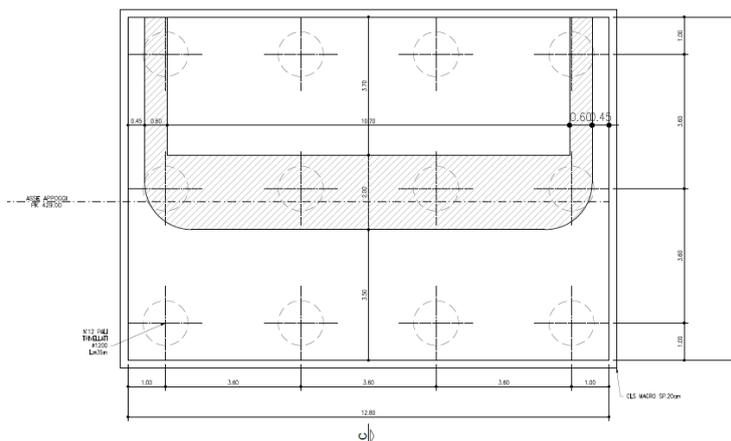


Figura 10: Pianta fondazione spalla B

Le pile scaricano le sollecitazioni al suolo tramite una fondazione di dimensioni 12.80m x 9.20m e un’altezza del plinto pari a 2.50m che a sua volta insiste su 12 pali Ø1200mm lunghi 36m.

I fusti delle pile sono alti rispettivamente 19.00m nella pila 1, 28.50m nella pila 2 e 25.00m nella pila 3 ed hanno tutte larghezza pari a 8.50m e uno spessore di 2.50m.

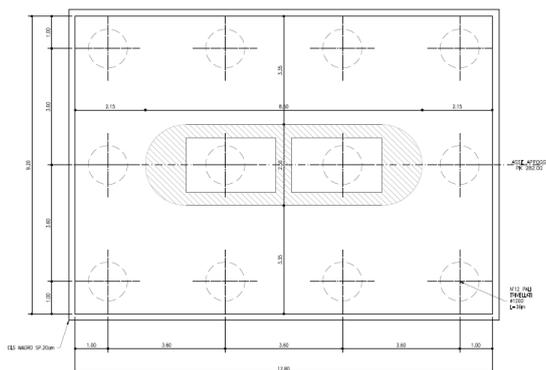


Figura 11: Vista planimetrica fondazione pila 1-2 e 3

Il Pulvino presenta una sezione analoga a quella del fusto sottostante ma con sezione piena di spessore pari a 1.00m su cui sono posizionati i 2 baggioli in asse alla pila.