

**A90 Svincolo Tiburtina:
Intervento di potenziamento dallo svincolo
“Centrale del Latte” allo svincolo A24
2ª fase funzionale**

PROGETTO DEFINITIVO

COD. RM105

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGIN S.p.A. (capogruppo mandataria)
CREW Cremonesi Workshop S.r.l - TECNOSISTEM S.p.A
ART Risorse Ambiente Territorio S.r.l - ECOPLAME S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:

Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giovanni CARRA (ART Ambiente Risorse e Territorio S.r.l.)

MANDANTI:



Direttore Tecnico:
Dott. Arch. Claudio TURRINI



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Andrea AVETA

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Ivo FRESIA



Direttore Tecnico:
Dott. Arch. Pasquale PISANO

PROTOCOLLO

DATA

_____ 201_

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica generale

CODICE PROGETTO

D P R M 1 0 5 D 2 0

NOME FILE

P00 GE00 GEN RE01 A

REVISIONE

SCALA:

CODICE

T 0 0 E G 0 0 G E N R E 0 1

A

FI AR.

A	Prima emissione	Giugno 2021	A. Mazziotti	A. Grimaldi	L. Infante
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Sommario

1	PREMESSA	6
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'INTERVENTO	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO	11
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
3.2	CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE	12
3.3	CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE	13
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO	14
4.1	INDAGINI GEOTECNICHE	14
4.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	15
5	IDROLOGIA E IDRAULICA ART.	19
5.1	IDROLOGIA	19
5.2	IDRAULICA	21
5.2.1	Idraulica dei corsi d'acqua	21
5.2.1.1	Fosso di Pratolungo	21
5.2.1.2	Fiume Aniene	24
5.2.2	Idraulica di piattaforma	28
5.2.3	Invarianza idraulica	30
6	SISMICA	32
6.1	Inquadramento sismico	32
6.2	Classificazione sismica	34
6.3	Classificazione del suolo	35
6.4	Spettri di risposta elastici	36
7	ARCHEOLOGIA	38

7.1	Premessa.....	38
7.2	Fonti e metodologia.....	38
7.3	Risultati.....	41
8	INFRASTRUTTURA STRADALE.....	42
8.1	Descrizione dell’infrastruttura stradale.....	44
8.2	Adeguamento Autostrada A90 (GRA).....	48
8.2.1	Andamento planimetrico.....	48
8.2.2	Andamento altimetrico.....	49
8.3	Viabilità complanari.....	50
8.3.1	Complanare interna.....	50
8.3.2	Complanare esterna.....	52
8.4	Rampe di svincolo.....	53
8.5	Sezioni tipo.....	54
8.5.1	Sezione tipo con complanari in rilevato.....	54
8.5.2	Sezione tipo con complanari in in trincea.....	56
8.5.3	Sezione tipo con rampe in affiancamento.....	57
8.5.4	Sezione tipo rampe di svincolo.....	58
8.6	Sovrastruttura stradale, dispositivi stradali di ritenuta e segnaletica stradale.....	59
9	OPERE D’ARTE.....	61
9.1	Opere d’arte maggiori.....	61
9.1.1	Prolungamento del sottopasso di via Tiburtina.....	61
9.1.2	Prolungamento ponte sul fosso di Pratolungo.....	63
9.1.3	Viadotto Aniene carreggiata interna.....	63
9.1.4	Viadotto Aniene carreggiata esterna.....	65
9.1.5	Cavalcavia rampa inversione sud.....	67
9.2	Opere d’arte minori.....	71
9.2.1	Opere di sostegno.....	71
10	INTERFERENZE ED ESPROPRI.....	77
10.1	Interferenze.....	77

10.2	Espropri.....	78
11	CANTIERIZZAZIONE E FASI REALIZZATIVE.....	79
11.1	Aree Di Cantiere	79
11.2	Fasi esecutive	81
12	PIANO UTILIZZO TERRE.....	83
12.1	Indagini eseguite.....	83
12.2	Bilancio terre.....	83
12.3	Siti di cava ed impianti di recupero	84
13	IMPIANTI TECNOLOGICI.....	85
13.1	Principali riferimenti normativi.....	86
14	INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE.....	88
14.1	Filare arboreo (FA)	90
14.2	Gruppo arboreo arbustivo (GAA)	91
14.3	Fascia arboreo arbustiva (FAA)	93
14.4	Fascia arboreo arbustiva spondale (FAAS).....	95
14.5	Fascia arbustiva spondale (FAS)	96
14.6	Alberature singole e/o a gruppo (AL)	97
14.7	Gruppo arbustivo tipo 1 (GA01).....	98
14.8	Gruppo arbustivo tipo 2 (GA2).....	99
14.9	Semina a spaglio (SP).....	101
14.10	Idrosemina (ID)	102
15	MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	104
15.1	COMPONENTI AMBIENTALI MONITORATE.....	105
15.1.1	Premessa.....	105
15.1.2	Rumore	106
15.1.3	13.1.3 Atmosfera.....	110
15.1.4	13.1.4 Acque superficiali.....	113

15.1.5	Acque sotterranee	116
15.1.6	Suolo.....	120
15.1.7	Paesaggio	123
16	<i>CRONOPROGRAMMA</i>	<i>127</i>
17	<i>DOCUMENTAZIONE TECNICO-ECONOMICA</i>	<i>129</i>
18	<i>INDICAZIONI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO</i>	<i>130</i>

1 PREMESSA

Nella presente relazione sono riportate le caratteristiche tecniche generali del Progetto Definitivo dell'intervento "A90 Svincolo Tiburtina: intervento di potenziamento dallo svincolo "Centrale del Latte" allo svincolo A24 – 2^a fase funzionale" (RM105).

L'intervento prevede il potenziamento dell'Autostrada A90 (GRA) nel tratto compreso tra lo svincolo 12 "Centrale del Latte" (a ridosso dell'area urbana di Casal Monastero) e lo svincolo 14 "A24".

L'intervento di potenziamento in oggetto prevede, in particolare:

- la realizzazione di viabilità complanari, sia in carreggiata esterna che in carreggiata interna, per l'intero tratto compreso tra Casal Monastero e l'Autostrada A24, ed il necessario spostamento dell'asse attuale del GRA verso la carreggiata interna;
- l'interconnessione delle viabilità complanari con gli svincoli esistenti sul GRA (svincolo "Centrale del Latte", svincolo "Tiburtina" e svincolo A24);
- connessione delle viabilità complanari con il GRA mediante collegamenti in entrata ed uscita;
- collegamento tra la complanare interna e la complanare esterna mediante scavalco del GRA;
- il collegamento della complanare esterna con le viabilità esistenti di Via Sabatino e di Via Armenise.

Il progetto di seguito descritto si pone in continuità con il progetto di adeguamento dello svincolo Tiburtina, resosi necessario a seguito dell'allargamento della via Tiburtina da una a tre corsie per senso di marcia. Il progetto di adeguamento dello svincolo Tiburtina e il progetto oggetto di relazione costituiscono, rispettivamente, il primo e il secondo stralcio funzionale dell'intervento complessivo di sistemazione del GRA nel tratto compreso tra gli svincoli 12 e 14.

Nella Relazione illustrativa generale sono stati evidenziati la necessità ed i vantaggi del potenziamento dell'Autostrada 90 nel tratto in esame, confermate dai risultati dello Studio di Traffico elaborato per il Progetto Definitivo. Parallelamente sono state individuate le interferenze e i vincoli derivanti dal territorio che ospita l'infrastruttura. La numerosità di interferenze e vincoli ha limitato notevolmente l'analisi di possibili alternative progettuali, dettando in maniera quasi univoca la soluzione progettuale. Sono stata comunque valutate tre *microalternative* variabili solo localmente.

L'Alternativa prescelta, indicata come Alternativa 1, è stata approfondita e sviluppata a livello di progetto definitivo fissandone le caratteristiche funzionali, geometriche, tecnologiche e ambientali.

Nel seguito viene illustrata in dettaglio la soluzione prescelta con riferimento agli aspetti stradali, strutturali, idraulici, impiantistici e definendo le modalità di cantierizzazione, risoluzione delle interferenze e mitigazione dell'impatto ambientale.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'INTERVENTO

L'autostrada A90, conosciuta anche con l'acronimo GRA, è un'arteria fondamentale per la mobilità della Capitale e non solo. Infatti, assolve la funzione di tangenziale esterna per il collegamento delle aree periferiche di Roma, consentendo agli automobilisti di raggiungere le diverse zone della città viaggiando esternamente all'area urbana, evitando così di “soffocare” il centro cittadino. Inoltre, costituisce un raccordo autostradale con le grandi direttrici nazionali. La figura di seguito riportata evidenzia, nel contesto territoriale del comune di Roma, il GRA e le altre principali autostrade che si connettono ad esso.



Figura 1: Inquadramento del Grande Raccordo Anulare nel suo contesto territoriale – collegamento tra il GRA e il sistema autostradale nazionale (fonte <https://webthesis.biblio.polito.it/>)

L'autostrada urbana interseca la struttura radiale storica di Roma, data dalle consolari e radiali che si dipartono dal centro dalla città consolidata, per poi collegarla verso l'esterno. L'immagine di seguito riportata è rappresentativa della numerosità delle intersezioni dell'anello con le direttrici radiali; dalle intersezioni derivano trentatré uscite numerate, un'uscita in media ogni 2,3 chilometri.

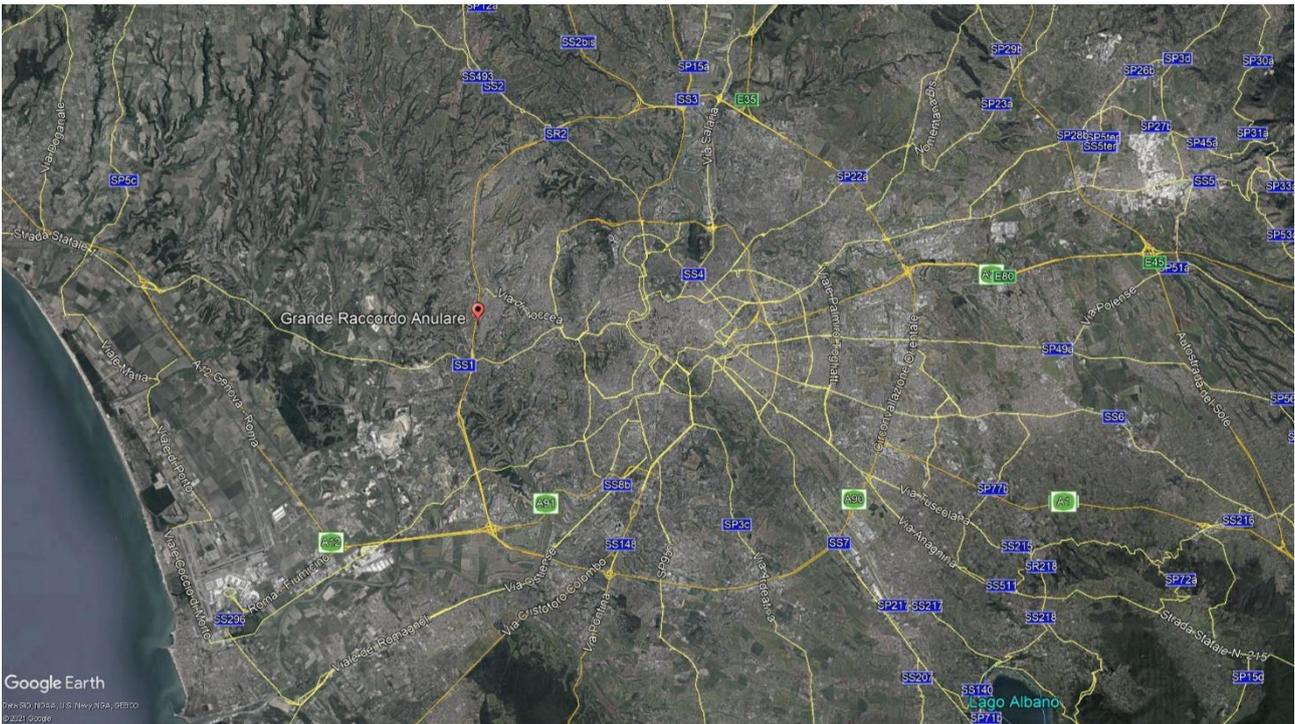


Figura 2: Inquadramento del Grande Raccordo Anulare nel suo contesto territoriale – collegamento tra il GRA e il sistema delle consolari e viabilità radiali della capitale

L'importanza del Gra risulta evidente anche dai numeri: nei tratti di maggior traffico transitano ogni giorno fino a 150mila/180mila veicoli.

Il tracciato circolare chiuso e senza discontinuità presenta un diametro medio di circa 21 km e una lunghezza di 68,223 km. L'area delimitata dal GRA è pari a circa 345 kmq e su di essa insiste una popolazione di 2,15 milioni di persone. L'asse principale, mantenuto anche in Galleria, presenta una sezione stradale conforme alla categoria A – strada extraurbana principale – D.M. 05.11.2001 e prevede una velocità di progetto tra i 110 ed i 140 km/h. La sezione tipo del GRA è larga 33,50 metri con tre corsie da 3,75 metri per ogni senso di marcia, corsie di emergenza da 3,50 metri e spartitraffico da 4,00 metri.

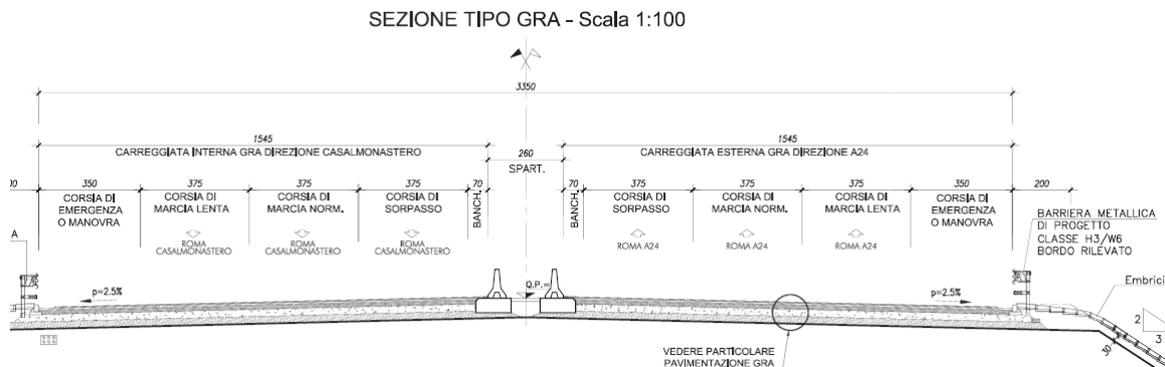


Figura 3: Sezione tipo del GRA

Il tratto oggetto di intervento di potenziamento si sviluppa nella zona nord-est di Roma. L’immagine di seguito riportata inquadra il tratto oggetto di progetto evidenziando il tracciato del GRA e della via Tiburtina che, come illustrato in premessa, è strettamente connessa al progetto di potenziamento in esame.

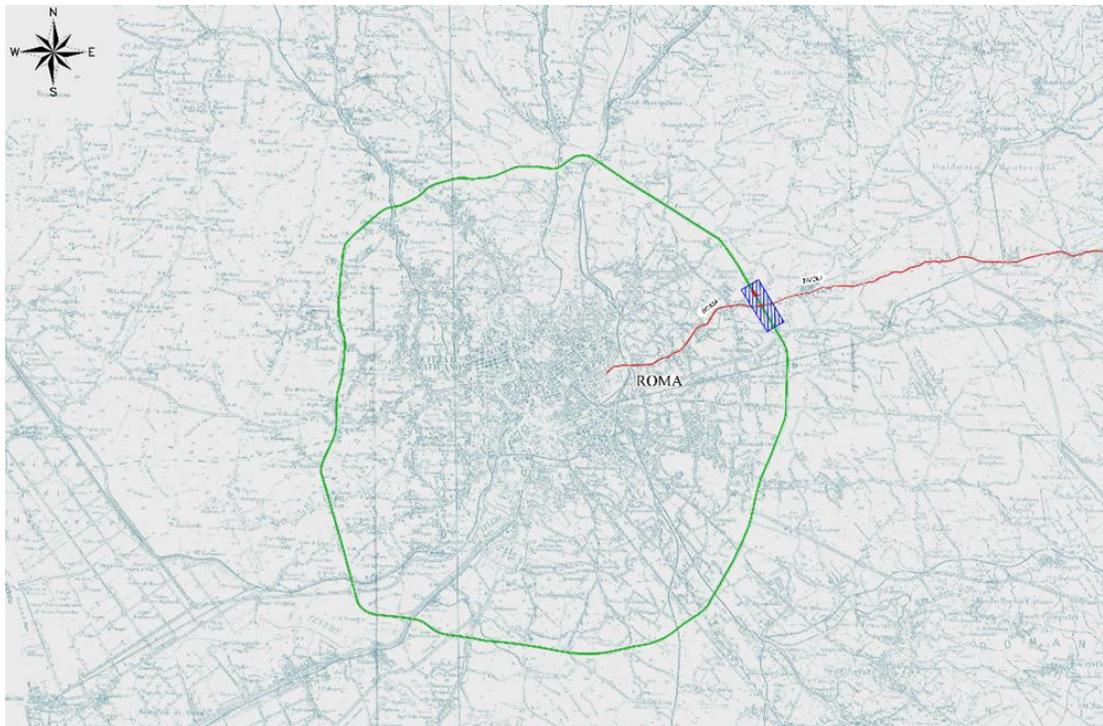


Figura 4: Cartografia con individuazione dei tracciati della via Tiburtina e del GRA

Il tracciato esistente nel tratto oggetto del Progetto Definitivo si sviluppa per circa 3 km tra le progressive 28+310 e 31+290 dell’attuale progressivazione del GRA, in direzione nord – sud ossia dallo svincolo di Casal Monastero procedendo verso lo svincolo interconnessione A24.



Figura 5: GRA esistente nel tratto oggetto di intervento da progressiva 28+310 a 31+290

Le aree circostanti il tratto di progetto sono caratterizzate da un denso tessuto urbano di recente sviluppo, intervallato da aree destinate ad agricoltura e vegetazione. Queste ultime si estendono sostanzialmente ai lati dei due corsi d’acqua che intersecano il GRA nel tratto di progetto: il fosso di Pratolungo e il fiume Aniene.

Lungo il tratto di progetto sono presenti i seguenti svincoli:

- Svincolo 12: Centrale del Latte ubicato nel km 28 + 300 che ha destinazioni a Torraccia, San Basilio dentro di Roma e Via di Sant’Alessandro e Casal Monastero fuori da Roma.
- Svincolo 13: Via Tiburtina ubicato nel km 29 + 900 con destinazioni Ponte Mammolo e Policlinico Umberto I dentro di Roma e Settecamini e Tivoli fuori da Roma
- Svincolo 14: Autostrada A24 Roma L’Aquila Teramo ubicato nel km 31 + 500 con destinazioni tangenziale Est.

L’andamento planimetrico del GRA nel tratto di progetto è pressoché rettilineo. A livello altimetrico, la quota di partenza è pari a circa 28.03 m s.l.m., mentre la quota di arrivo è pari a circa 30.06 m. Tuttavia, complessivamente l’andamento altimetrico è sostanzialmente sub-pianeggiante, con pendenze longitudinali massime pari a circa 2.0%, con valore medio della pendenza longitudinale al di sotto dell’1%. I valori minimi dei raccordi altimetrici sono pari a circa 8000 m per i raccordi concavi e pari a 14200 m per i raccordi convessi.

Le principali opere d’arte presenti sul GRA nel tratto oggetto di intervento sono alcune opere di scavalco in corrispondenza dell’attraversamento dei fiumi sopra citati, della via Tiburtina e dei principali sottoservizi. Tali opere sono di seguito elencate e individuate nella planimetria di rilievo sotto riportata:

- il ponte sul fosso di Pratolungo alla progressiva
- il ponte di sovrappasso della via Tiburtina
- opere di protezione fascio tubiero
- il ponte sul fiume Aniene

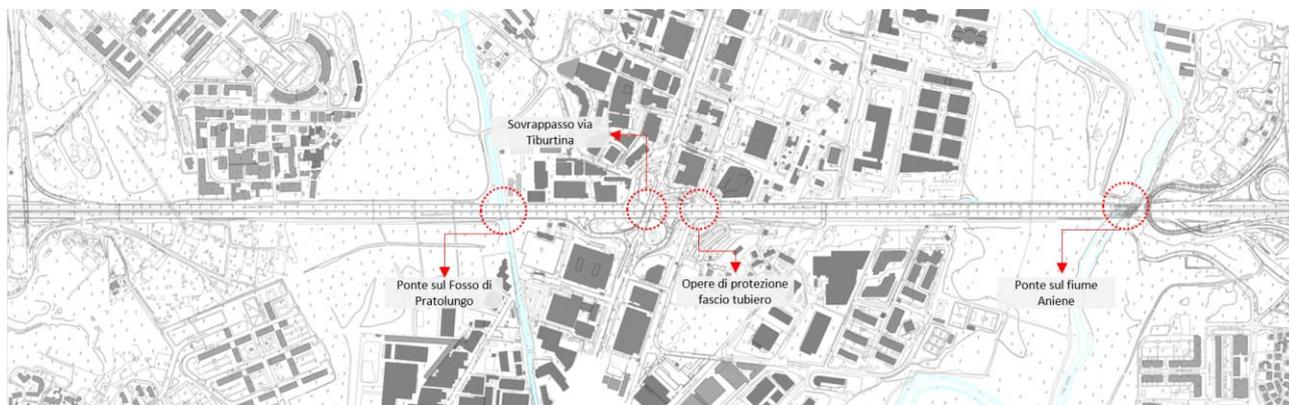


Figura 6: Planimetria dell’infrastruttura allo stato di fatto con individuazione delle opere

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Attraverso l'analisi e l'interpretazione delle indagini eseguite nella campagna geognostica del 2021 e nelle campagne di indagini pregresse, e dal confronto di tali indagini con i rilievi di campo, è stata ricostruita la successione geolitologica delle aree in esame.

La successione stratigrafica del sito di intervento può essere sintetizzata distinguendo, a maggiore profondità, sabbie, argille e ghiaie di origine fluvio-lacustre con spessori estremamente variabili; al di sopra di questa successione si ha una coltre di materiali vulcanici che, a causa dell'erosione, sono attualmente rinvenibili sulla sommità dei rilievi; il fondo delle valli dei corsi d'acqua è colmato da depositi alluvionali attuali.

Di seguito vengono descritti, dall'alto verso il basso, i litotipi identificati.

- Materiale di riporto: depositi costituiti da materiali di origine antropica, di diversa natura in quanto derivanti da processi di rimaneggiamento dei terreni in posto e/o da riporti antropici (rilevati stradali esistenti). Essi presentano natura prevalentemente vulcanica, in cui si rinvencono frammenti di laterizi (S02-Pz, S03-DH, S08, S09-DH). Tali materiali risultano a struttura caotica, con granulometria variabile da sabbia limoso-argillosa a limo sabbioso con sparsi frammenti della dimensione della ghiaia. Tale unità si rinviene diffusamente in tutta l'area in virtù della intensa antropizzazione che la caratterizza, con spessori estremamente variabili.
- Depositi alluvionali di alveo attuale e terrazzati: i depositi attuali sono caratterizzati da un'alternanza di depositi limoso-sabbiosi e sabbioso-limosi, con intercalazioni argillose e orizzonti ghiaiosi, costituiti da materiali per lo più di natura vulcanica rimaneggiato in ambiente fluviale. I depositi terrazzati invece sono costituiti da depositi fini limoso-argillosi e limoso-sabbiosi, con intercalazioni più francamente sabbiose. Si rinvencono, talora, orizzonti ghiaiosi e sabbiosi di spessore massimo rinvenuto dei sondaggi pari a circa 6 m (30V e 192L) e orizzonti di materiale organico nerastro (A3 - A1). La natura di tali materiali è strettamente connessa ai litotipi affioranti e sub-affioranti nell'area, pertanto essi sono caratterizzati dalla presenza di abbondante materiale vulcanico rimaneggiato in ambiente fluviale e fluvio-palustre (depositi epivulcanici).
- Pozzolana Rossa o di San Paolo. Tale unità è costituita essenzialmente da scorie rosso brune, violacee o nere, cui segue, dopo un esiguo spessore di lapilli (conglomerato giallo) e di tufi terrosi, la pozzolana nera o media o delle Tre Fontane. La pozzolana rossa, il conglomerato giallo, la pozzolana nera ed i tufi terrosi ad essi intercalati sono stati riuniti insieme e costituiscono il complesso delle Pozzolane Inferiori. La parte superiore della successione piroclastica è costituita da prodotti da flusso piroclastico noti in letteratura con la denominazione di tufo lionato dell'ultimo ciclo del vulcanismo dei colli albani. Il termine lionato indica un caratteristico colore fulvo che contraddistingue tale deposito in molte zone del territorio di Roma, che a seguito dei processi di alterazione assume una colorazione giallastra o rossastra. Il tufo lionato è costituito da una piroclastite scoriacea in matrice cineritica.

- Depositi pre-vulcanici continentali pleistocenici. Tale unità include depositi della Formazione di Santa Cecilia costituita da alternanze di conglomerati, sabbie e limi di ambiente fluviale con orizzonti vulcanoclastici e i termini prevalentemente fini ascrivibili alla Formazione Del Fosso Della Crescenza. Si rinvencono talora intercalazioni travertinose, date da materiali concrezionari granulometricamente costituiti da sabbia ghiaiosa con intercalati livelli più grossolani (ghiaia), intercettati nelle perforazioni pregresse (A1 e A4), occasionalmente rinvenuti in livelli litoidi centimetrici (160L). Tali depositi si caratterizzano, inoltre, per la presenza di sparsa sostanza organica di natura torbosa (S02-Pz), talora rinvenuta in laminazioni, di colore nerastro, originatisi per progressiva decomposizione di resti vegetali e materiali organici in formazioni depositate in ambienti continentali o di transizione (ambiente palustre).
- Depositi pre-vulcanici marini pliocenici. Questa unità è stata individuata ad oltre 30 metri di profondità nei sondaggi S05-DH S06-Pz e S09-DH e nei sondaggi pregressi A2 e A3 ed è costituita da prevalente argilla e argilla limosa di colore azzurro grigiastro ed è attribuibile alla Formazione di Monte Vaticano.

3.2 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Le misure piezometriche sulle strumentazioni installate nella campagna geognostica del 2021 indicano falda a quota variabile tra +20 e +24 m s.l.m.. Tali valori, si discostano leggermente con quanto riportato nella Carta idrogeologica del territorio comunale annessa al Nuovo Piano Regolatore Generale del Comune di Roma. Infatti dalla ricostruzione delle linee equipotenziali della falda dalla suddetta Carta, l'altezza della stessa risulta di poco superiore nei punti di monitoraggio. I due principali corsi d'acqua fungono in questo caso da asse principali di drenaggio mentre, nel settore centrale, più alto topograficamente e in cui affiorano i litotipi vulcanoclastici, manifesterebbero un andamento delle equipotenziali divergente con flussi idrici verso l'Aniene ed il Fosso di Pratolungo.

In ogni caso si sottolinea che per caratteristiche litologiche degli acquiferi (alternanze di livelli e lenti di orizzonti a varia permeabilità) e tipo di strumentazione installata per la misurazione dei livelli piezometrici (piezometri a tubo aperto), è ragionevole supporre che tale livello piezometrico derivi da una commistione tra i vari orizzonti acquiferi e, nello specifico, si riferisce a quello a maggior produttività.

In destra idraulica del Fosso di Pratolungo, inoltre, si ravvisa la presenza di un'area umida, in corrispondenza dei depositi alluvionali, con locale presenza di acqua stagnante in destra del fosso, dove si riscontra una bassissima o nulla circolazione delle acque superficiali. Quindi, in tale zona il livello di falda andrà considerato prossimo alla quota del piano campagna (le attuali misurazioni lo pongono con una soggiacenza a circa 1 – 1,5 m).

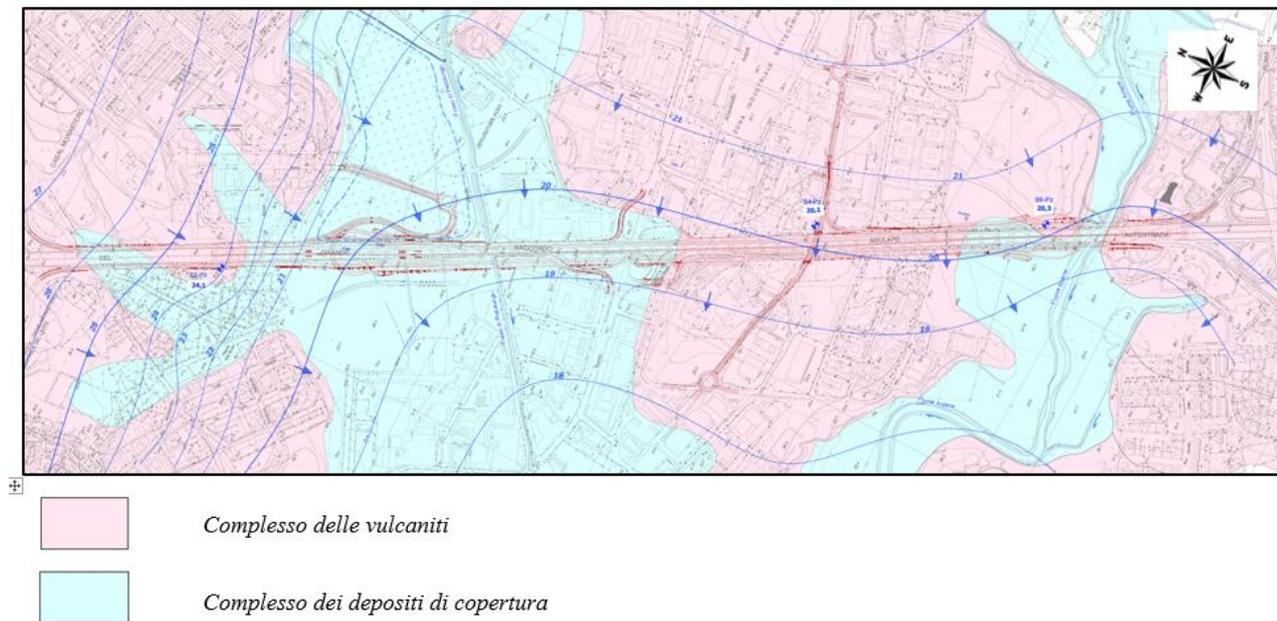


Figura 7. Carta idrogeologica con isopieze

I caratteri morfologici dell'area in esame, costituiti principalmente da zone completamente urbanizzate e superfici sub-pianeggianti di origine alluvionale, escludono a priori la possibilità di innesco di movimenti franosi nel sito.

3.3 CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE

I connotati morfologici caratteristici del territorio sono strettamente connessi alla sua genesi; infatti, la morfologia attuale è il risultato dell'attività eruttiva dei distretti vulcanici laziali, dell'azione erosiva e deposizionale delle acque incanalate e delle modificazioni antropiche. Tuttavia attualmente, gli elementi geomorfologici di maggior rilievo rinvenibili nell'area di interesse sono legati alla attività antropica. Infatti, il territorio presenta ampie aree edificate, connesse alla realizzazione di edifici ed infrastrutture pubbliche, che hanno completamente obliterato i connotati morfologici originari dell'area.

Alterazioni antropiche di particolare rilevanza sono, le numerose cave aperte localizzate prevalentemente all'interno delle formazioni piroclastiche. Tali attività estrattive realizzate per lo più a cielo aperto, sia in tempi storici che recenti, hanno generato talora ampie aree ribassate delimitate da fronti di scavo sub-verticali in materiali per lo più tufacei. Pur se le cavità segnalate non risultano direttamente interagenti con le opere da realizzarsi, in un siffatto territorio interessato da attività antropiche sotterranee (in tempi passati e recenti), non è possibile escludere la presenza di cavità e cunicoli sotterranei non rilevati nei sondaggi realizzati ex-novo e pregressi, rinvenibili in particolare in corrispondenza dei depositi piroclastici, sia tufacei che pozzolanacei. Ciò, per altro, è in linea con quanto riportato nella Carta di pericolosità e vulnerabilità geologica del territorio comunale annessa al Nuovo Piano Regolatore Generale della Città di Roma (vedasi relazione geologica).

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO

4.1 INDAGINI GEOTECNICHE

Nell'ambito del progetto è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla determinazione delle caratteristiche geotecniche e alla definizione stratigrafica in chiave geo-litologica, nonché al prelievo di campioni di terreno finalizzati ad attività di caratterizzazione ambientale ai fini del reimpiego come sottoprodotto. Le attività di cantiere si sono espletate nel periodo gennaio-marzo 2021. Tutte le indagini sono state effettuate nel rispetto delle disposizioni delle specifiche tecniche e del capitolato d'appalto ANAS, nonché delle norme AGI 1977/1994.

La campagna di indagine geognostica è stata così articolata:

- ricerca sottoservizi in tutti i punti di indagine
- n. 9 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica, di cui n. 3 condizionati con tubo piezometrico da 3" e n. 4 con tubo per prove down hole
- n. 40 prove penetrometriche SPT
- n. 55 prelievi di campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (cfr. “Documentazione prove di laboratorio geotecnico”), di cui n. 48 indisturbati e n. 7 litoidi; inoltre sono stati prelevati n. 8 campioni di terre e n. 4 di acque, consegnati al laboratorio Chelab, per l'esecuzione di analisi chimiche
- n. 10 pozzetti esplorativi spinti alla profondità max di 2.0 m dal p.c. con prelievo di n. 9 campioni rimaneggiati e di n. 20 campioni consegnati al laboratorio Chelab per l'esecuzione di analisi chimiche
- n. 9 prove di carico su piastra in corrispondenza dei pozzetti esplorativi
- n. 2 prove penetrometriche statiche C.P.T.U. per la caratterizzazione dei terreni del sottosuolo;
- georeferenziazione dei punti di indagine; per la visione di dettaglio si rimanda al documento “Georeferenziazione delle indagini” ed alle monografie allegate.

Sono state realizzate inoltre le seguenti prove, per i cui dettagli si rimanda all'elaborato “Documentazione indagini geofisiche”:

- n. 6 misure in stazioni HVSR
- n. 4 prove down-hole

Di seguito la tabella riepilogativa dei sondaggi effettuati con indicazione, della profondità raggiunta, della tipologia di installazione in foro, delle prove in sito e del prelievo di campioni (CI= Campioni Indisturbati, CL= Campioni Litoidi).

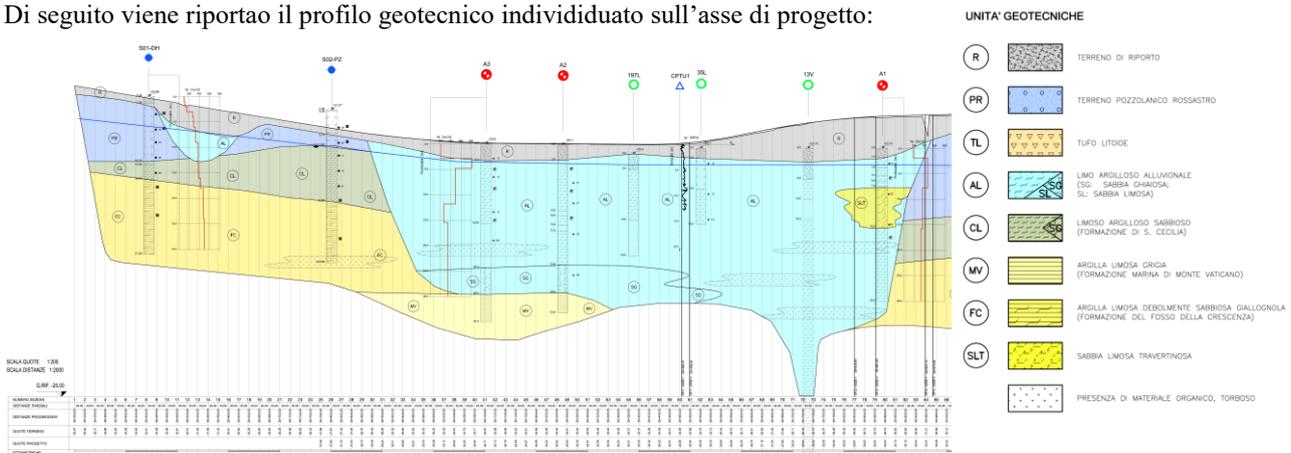
N.	Sigla ID	profondità (m dal p.c.)	SPT	CI	CL	Down Hole	Piezometro (tubo aperto 3")
1	S01-DH	31	5	4		X	
2	S02-PZ	30	5	4			X
3	S03-DH	45	5	6		X	
4	S04-PZ	45	5	7			X
5	S05-DH	45	5	6		X	
6	S06-PZ	45	5	7			X
7	S07	45	5	6	2		
8	S08	45		2	4		
9	S09-DH	45	5	6	1	X	

Figura 8: Scheda sintetica dei sondaggi

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel profilo stratigrafico longitudinale e nelle sezioni geotecniche, contenuti negli specifici elaborati di progetto, sono riportati in forma grafica i risultati delle indagini e sono mostrate le correlazioni stratigrafiche con indicazione delle unità geotecniche intercettate; è anche indicato il livello di falda massima rilevato da letture piezometriche.

Di seguito viene riportato il profilo geotecnico individuato sull'asse di progetto:



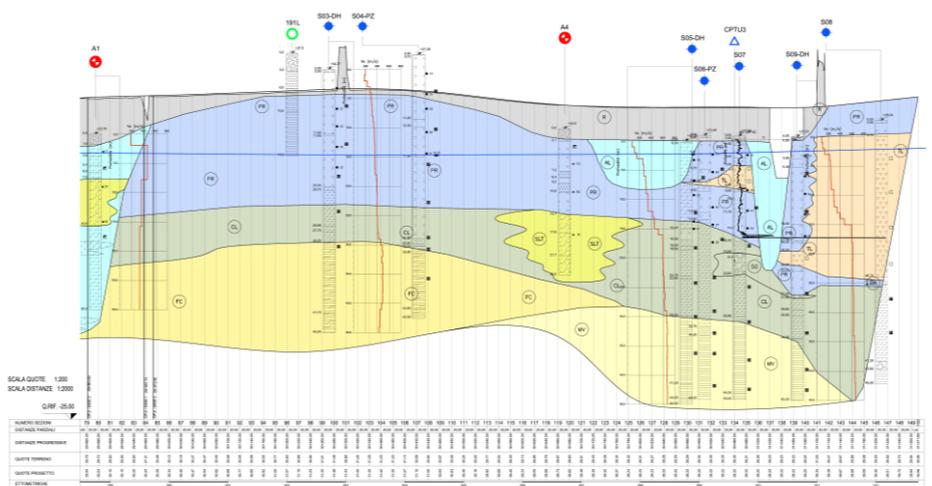


Figura 9: Profilo geotecnico

Come si evince dalla figura sopra riportata, sono state intercettate le seguenti unità geotecniche:

- **Unità PR** – deposito pozzolanico incoerente o debolmente cementato costituito da sabbie limose e limi sabbiosi.
- **Unità TL** – Tufo litoide.
- **Unità AL** – Argilla limosa alluvionale.
- **Unità SG** – sabbia e ghiaia alluvionale.
- **Unità SL** – sabbia limosa alluvionale.
- **Unità SLT** – sabbia limosa travertinosa
- **Unità CL** – Formazione di S. Cecilia costituita da limo sabbioso argilloso.
- **Unità FC** – Formazione del Fosso della Crescenza costituito da argilla limosa giallognola.
- **Unità MV** – Formazione marina di Monte Vaticano costituita da argilla limosa grigia con livelli di sabbie.

Nel seguito si sintetizzano i parametri geotecnici caratteristici per le unità geotecniche intercettate.

- **Unità PR sabbia limosa e limo sabbioso – Deposito pozzolanico**
 - $\gamma = 16.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
 - $c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$ coesione drenata
 - $\varphi' = 31 \div 33^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 - $E_o = 110 \div 600 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

- **Unità AL – Argilla limosa alluvionale**
 - $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
 - $c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$ coesione drenata
 - $\varphi' = 26^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 - $c_u = 50 \div 120 \text{ kPa}$ resistenza al taglio in condizioni non drenate
 - $E_o = 70 \div 350 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

- **Unità SL – sabbia limosa**
- $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\varphi' = 33 \div 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $E_o = 200 \div 400 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

- **Unità SG – sabbia e ghiaia**
- $\gamma = 18.0 \div 19.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\varphi' = 35 \div 38^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $E_o = 250 \div 600 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

- **Unità SLT –sabbia limosa travertinosa**
- $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\varphi' = 33 \div 37^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $E_o = 260 \div 600 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

- **Unità CL - limo sabbioso argilloso**
- $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $c' = 5 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\varphi' = 28 \div 34^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c_u = 50 \div 170 \text{ kPa}$ resistenza al taglio in condizioni non drenate
- $E_o = 600 \div 650 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

- **Unità FC argilla limosa giallognola**
- $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $c' = 10 \div 15 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\varphi' = 25 \div 26^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c_u = 100 \div 200 \text{ kPa}$ resistenza al taglio in condizioni non drenata
- $E_o = 800 \div 1200 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

- **Unità MV argilla limosa grigia**
- $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $c' = 10 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\varphi' = 25 \div 29^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c_u = 65 \div 200 \text{ kPa}$ resistenza al taglio in condizioni non drenate

- $E_o = 1800 \div 2000$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

- **Unità TL – Tufo litoide**
- $\gamma = 18.0$ kN/m³ peso di volume naturale
- $c' = 25$ kPa coesione drenata
- $\varphi' = 36^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $E'_{op1} = 90$ MPa modulo di deformazione elastico operativo

5 IDROLOGIA E IDRAULICA

5.1 Idrologia

Il tracciato, avente circa 2.5 km di estensione, ripercorre l'attuale sede stradale, andando ad allargare il corpo rilevato esistente secondo le necessità trasportistiche previste in un ambito territoriale già densamente antropizzato.

Le interferenze idrografiche del tracciato sono pertanto corrispondenti a quelle già individuate dagli attuali attraversamenti esistenti: il fiume Aniene e il Fosso di Pratolungo. Oltre ai due corsi d'acqua principali, non sono presenti altri rii, se non dei fossi nella piana di Pratolungo riconducibili al sistema di bonifica del territorio.

Le caratteristiche dei fiumi e fossi interessati sono tipici dei corsi d'acqua che scorrono in zone pianeggianti a velocità relativamente modeste, tuttavia, a causa di una generalizzata disorganizzazione antropica, il territorio interessato dal progetto presenta un elevato rischio idraulico: il quartiere tra San Basilio e via Tiburtina è infatti soggetto a frequenti allagamenti, riconducibili sia all'inefficienza della rete di drenaggio fognaria sia alle portate defluite dal Fosso di Pratolungo o per innalzamento dei livelli dell'Aniene.

Questo grado di rischio idraulico è in parte mitigato dalla presenza di un argine lungo l'Aniene integrato, presso la confluenza Pratolungo-Aniene, da un impianto di sollevamento con paratoie: tali opere non sono state ritenute sufficienti a salvaguardare il territorio, tanto che è prevista la costruzione di una cassa di laminazione proprio sul Fosso di Pratolungo. La cassa di laminazione è un intervento di messa in sicurezza del territorio posto a valle di essa, garantendo portate defluite, e quindi allagamenti conseguenti, ampiamente ridotte rispetto alle attuali. Di tale intervento ne beneficerà pertanto anche il GRA, essendo la strada posta circa 600 m a valle del manufatto di laminazione.

L'inquadramento normativo connesso alle attività idrauliche consente di poter delimitare i vincoli attorno ai quali costruire/inserire il progetto: nel quadro complessivo, si pone particolare attenzione alle norme definite dal Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale (PAI e Direttiva Alluvioni), nonché alle norme tecniche delle costruzioni NTC2018. Lo studio idrologico ha previsto la preliminare definizione del reticolo idrografico: il reticolo ufficiale è stato acquisito attraverso i sistemi informativi territoriali della regione Lazio e verificato sia con carta IGM 25.000 che mediante CTR 10.000. Alla data di stesura del presente documento l'area stradale e le fasce adiacenti risultano interamente coperta dal rilievo Lidar ministeriale MATTM DTM 1x1 m, appositamente acquisito.

Definito il reticolo, sono state individuate le interferenze con le opere stradali esistenti e in progetto, oltre ai bacini ad esse sottesi (Corografia). Il progetto di potenziamento prevede la realizzazione di tre nuove opere d'arte principali:

- il ponte sul fiume Aniene per lo scavalco della complanare esterna;
- il ponte sul fiume Aniene per lo scavalco della complanare interna;
- il prolungamento del ponte sul Fosso di Pratolungo.

L'analisi idrologica determina le portate al colmo di piena nelle sezioni di attraversamento dei corsi d'acqua lungo il percorso stradale per i tempi di ritorno di riferimento del progetto. A riguardo, la stima delle portate è stata elaborata prioritariamente con riferimento ai metodi sviluppati dell'Autorità di bacino del Fiume Tevere.

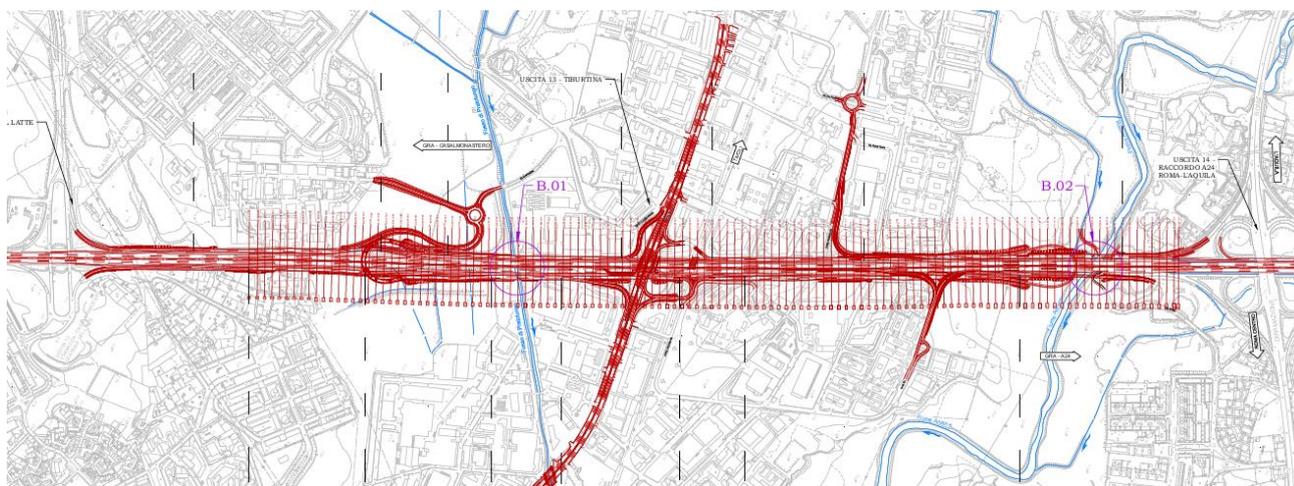


Figura 10: Interferenze idrografiche: Aniene e Fosso di Pratolungo

L'obiettivo dell'analisi idrologica è quello di determinare, per un tempo di ritorno di riferimento, le portate di piena dei corsi d'acqua alle interferenze con il tracciato stradale.

Sono due i corsi d'acqua che si incontrano lungo il tratto del Grande Raccordo Anulare oggetto d'intervento: il fiume Aniene e il fosso di Pratolungo.

Il bacino del fiume Aniene si estende a est di Roma, fino al limite della regione Lazio, su un'area di circa 1400 km², ovvero per una estensione pari al 9% di quella del bacino del Tevere in cui confluisce.

Il bacino dell'Aniene si può considerare diviso essenzialmente in due parti distinte dal punto di vista morfologico. L'alveo e il bacino a monte di Tivoli hanno caratteristiche morfologicamente tipiche dei corsi d'acqua montani, mentre a valle le caratteristiche sono tipiche dei corsi d'acqua di pianura. Nell'ultimo tratto, da Tivoli alla confluenza con il Tevere, l'Aniene si snoda in una pianura alluvionale, i cui terreni sono costituiti da coltri vulcaniche e affioramenti travertinosi, ove si verificano le esondazioni del fiume.

L'Aniene entra nel comune di Roma in località Lunghezza ed attraversa la zona industriale della via Tiburtina. Nel tratto tra Ponte Lucano e Lunghezza oltre ai tratti da Lunghezza al Tevere, l'alveo di magra è soggetto ad ostruzioni conseguenti a strozzature naturali (Lunghezza e Tor Cervara) ed artificiali (Ponte Lucano Vecchio, Ponte FF.SS. a Lunghezza, Ponte di Tor Cervara, Ponte Mammolo Vecchio, Ponte Nomentano, Ponte Salaria Vecchio) e talora a vegetazione spondale franata in alveo di magra.

Per quanto riguarda il fosso di Pratolungo, questi drena un bacino di circa 70 km², prima di confluire nell'Aniene, in sponda destra all'altezza di via Tivoli.

Al fine di permettere lo scarico delle acque provenienti dal fosso di Pratolungo in caso di condizione di piena dell'Aniene, è stato realizzato alla confluenza un impianto idrovoro con capacità emungimento di 10,5 m³/s, la quale sarà elevata a 13,5 m³/s con appositi lavori di potenziamento a cura della Regione Lazio.

Inoltre, per il miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica nelle aree attraversate dal fosso di Pratolungo, è prevista la realizzazione di una vasca di accumulo, circa 2,2 km a monte della confluenza con il fiume Aniene. Si tratta di un'opera in linea, con lo scopo di laminare e regolare il deflusso di piena in modo da ridurre significativamente il rischio di allagamento delle aree a valle, ricadenti in fascia A PAI e soggette a rischio idraulico R4.

Nella Relazione idrologica sono illustrate le modalità di calcolo delle portate di progetto per il Fosso di Pratolungo e per il fiume Aniene. Di seguito sono sintetizzati i risultati ottenuti.

Portate al colmo nelle sezioni d’interferenza

Nella tabella a seguire sono indicati i valori di portata di progetto duecentennale utilizzati nelle successive simulazioni idrauliche. Si evidenzia per ciascun bacino il valore di portata specifica q , ottenuto rapportando la portata al colmo con la superficie sottesa.

Tabella 1: Valori di portata al colmo nella sezione di chiusura del bacino, per assegnato tempo di ritorno.

Bacino ID	Area (km ²)	TR ₂₀₀ (m ³ /s)	q (m ³ s ⁻¹ km ⁻²)	Note
B01 - Fosso di Pratolungo	69	160	2,3	
<i>B01 - Fosso di Pratolungo con laminazione</i>	<i>69</i>	<i>29,5</i>	<i>0,4</i>	<i>Valore di portata al colmo in uscita dal manufatto regolatore</i>
B02 - Fiume Aniene - GRA	1133	689	0,6	

5.2 IDRAULICA

5.2.1 Idraulica dei corsi d’acqua

Nel seguito sono sintetizzate le valutazioni e gli interventi previsti con riferimenti al Fosso di Pratolungo e il fiume Aniene. Si rinvia alla specifica relazione idraulica per le metodologie applicate e risultati di dettaglio.

5.2.1.1 Fosso di Pratolungo

L’area a monte della confluenza del Fosso di Pratolungo nel fiume Aniene, in cui si colloca il quartiere San Basilio, è caratterizzata da una pendenza longitudinale molto ridotta. Nel corso degli anni, in occasione delle piene del fiume Aniene, si sono verificate rilevanti inondazioni da rigurgito che interessavano il territorio fino a monte del G.R.A.

Per ridurre la vulnerabilità di queste zone, sono stati recentemente realizzati interventi di protezione del territorio che hanno riguardato:

- la realizzazione in sponda destra dell’Aniene di un argine longitudinale, adeguato al contenimento delle piene con tempo di ritorno inferiore a 200 anni;
- la realizzazione di un impianto idrovoro, con capacità di emungimento di 10,5 m³/s (incrementata a 13,5 m³/s con appositi lavori di potenziamento), per consentire l’immissione delle acque provenienti dal Fosso di Pratolungo in caso di contemporanea piena del Fiume Aniene.

Queste opere, a difesa dalle inondazioni da piene dell’Aniene (per TR < 200 anni), non hanno tuttavia risolto le criticità dovute alle piene del Fosso di Pratolungo per proprio deflusso.

Per una messa in sicurezza idraulica più significativa, è in corso d’opera la realizzazione di una vasca di accumulo in linea con funzione, in caso di eventi meteorologici intensi, di laminazione e regolazione dei deflussi.

In occasione di piene con tempo di ritorno fino a 100 anni, attraverso la regolazione delle paratoie del manufatto di scarico, l’opera ridurrà il valore della portata idrica in uscita a 10 m³/s. Questo valore, incrementato del contributo residuo del

bacino idrografico del Fosso di Pratolungo, pari a circa 3,5 m³/s, coincide con il massimo valore di emungimento dell’impianto idrovoro.

Per tempi di ritorno superiori a 100 anni, le portate idriche rilasciate a valle dell’invaso saranno superiori a 10 m³/s, ma vi sarà un miglioramento significativo grazie all’abbattimento dei colmi di piena in ingresso.

L’attraversamento del Fosso Pratolungo con il tracciato del Grande raccordo anulare è costituito da un ponte di larghezza 13 metri, con quota all’intradosso di 22,98 m slm, di 24,4 m slm all’estradosso in corrispondenza del piano stradale e un’altezza dal fondo alveo di 2,7 m, misurata a lato monte.

In Figura 11 è possibile osservare la planimetria del tratto analizzato e l’ubicazione delle sezioni inserite.

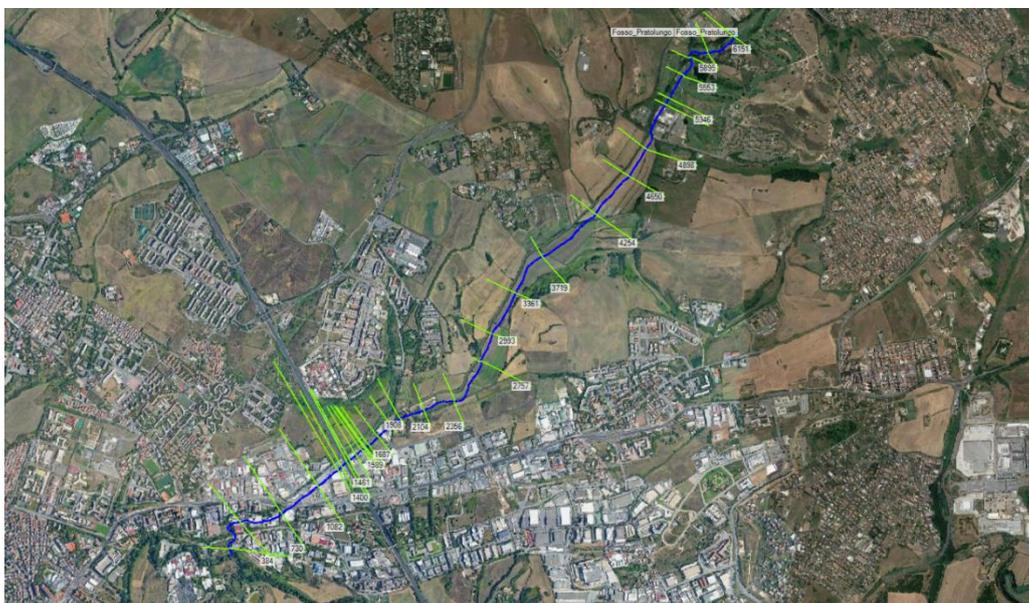


Figura 11: Dettaglio planimetrico del tratto d’interesse del Fosso Pratolungo.

Si evidenzia che allo stato attuale in condizioni di piena si verificano fenomeni di esondazione del Fosso di Pratolungo con allagamento di ampie zone circostanti il GRA e con altezze idriche che interessano anche l’attuale sede stradale.

Con le modellazioni condotte sono stati esaminati diversi scenari al fine di caratterizzare le condizioni idrauliche dell’attuale ponte sul Fosso di Pratolungo presente lungo il GRA e dell’intervento di ampliamento dello stesso per l’inserimento della complanare interna.

Le analisi idrauliche effettuate, in moto permanente e in moto vario, hanno lo scopo di analizzare il comportamento idraulico in piena del corso d’acqua di Pratolungo, nel tratto d’interesse in corrispondenza del GRA. In particolare, le simulazioni sono state condotte per determinare, in occasione di deflusso di piene significative, le possibili esondazioni e le interazioni con l’attraversamento stradale. Inoltre, il funzionamento idraulico è stato valutato sia allo stato attuale, sia in prospettiva degli interventi di miglioramento idraulico del territorio, in fase di realizzazione e precedentemente descritti.

Le analisi hanno riguardato differenti configurazioni, differenti per situazione progettuale (ante o post-operam) e per condizioni al contorno:

1. Scenario **“Stato di fatto in assenza di laminazione”** – In questa analisi è stata considerata l’attuale configurazione del corso d’acqua e delle opere presenti. Pertanto, lo scenario prevede come input la portata duecentennale determinata per il Fosso di Pratolungo ($T_{200}=160 \text{ m}^3/\text{s}$), unitamente alla presenza di livelli idrici elevati nell’Aniene (corrispondenti alla $TR=200$) come condizione al contorno di valle, per simulare una condizione di concomitanza di eventi di piena nei due corsi d’acqua. Questo scenario è stato modellato sia in moto permanente che in moto vario.
2. Scenario **“Stato di fatto con laminazione”** – In questa configurazione vengono considerati nel deflusso gli effetti dell’invaso di laminazione in fase di realizzazione, con la geometria stradale che è ancora quella attuale ante-operam. In questo scenario viene utilizzato come input la scala di deflusso in uscita dal manufatto regolatore della cassa in occasione di una piena duecentennale nel Fosso di Pratolungo (**Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**), mentre a valle è imposto un livello idrico di magra nell’Aniene. In queste condizioni, alla confluenza dei corsi d’acqua lo scarico è libero e non è necessaria l’entrata in funzione dell’impianto di sollevamento. La modellazione di questo scenario è stata effettuata in moto vario.
3. Scenario **“Progetto con laminazione”** – Rispetto alla configurazione precedente vengono qui inseriti gli interventi progettuali definiti per il potenziamento del GRA, con l’impalcato stradale che risulta ampliato sul lato di valle per la realizzazione di nuove corsie di marcia. Le condizioni al contorno non variano rispetto allo scenario di “Stato di fatto con laminazione”, con il medesimo idrogramma in uscita dalla cassa di laminazione e livelli idrici di magra nell’Aniene.

Preme sottolineare che gli interventi idraulici previsti dal progetto riguardano sostanzialmente prolungamenti di tombini esistenti. Queste nuove opere si inseriscono in ogni caso a valle dell’attraversamento idraulico presente, non andando ad interferire negativamente sulle condizioni di deflusso attualmente riscontrate.

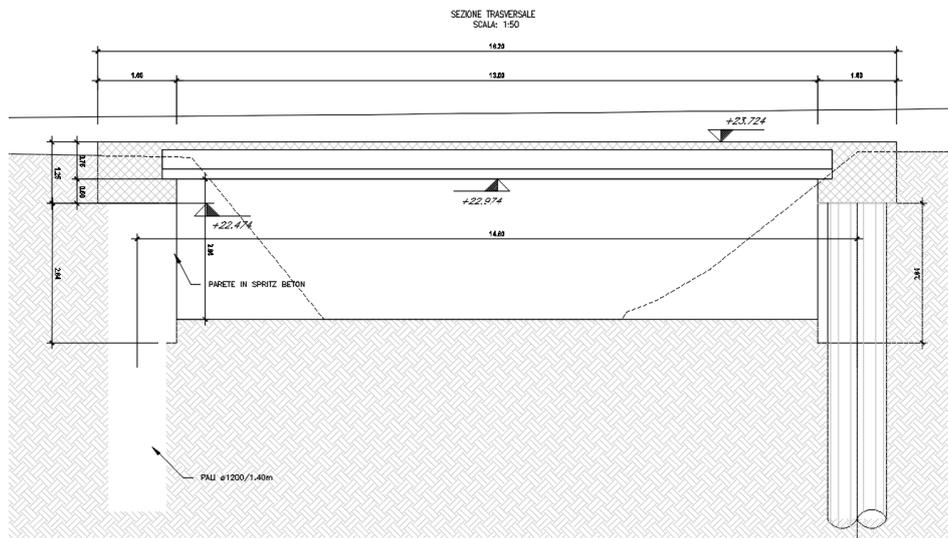


Figura 12: Attraversamento Pratolungo: sezione trasversale del tombino in progetto di prolungamento.

I risultati ottenuti dalle analisi descritte sono sintetizzati nella Tabella di seguito riportata.

Tabella 2: Sintesi dei risultati delle modellazioni monodimensionali per i differenti scenari.

Scenario	Interferenz a idraulica	Progr. Asse stradale	Tipologico verificato	Geometria	Portata Q	Tirante h media	Tirante h max	Velocità V	Livello idrico	Intradosso minimo attravers.	Fr (calcolato)
----------	-------------------------	----------------------	-----------------------	-----------	-----------	-----------------	---------------	------------	----------------	------------------------------	----------------

				B	H							
				(m)	(m)							
SDF TR=200 assenza laminazione Moto permanente	Pratolungo - GRA	Pk 29+500	Tombino idraulico	13, 0	2,7	160,0	2,37	4,79	0,18	25,07	23,0	-2,07
SDF TR=200 assenza laminazione Moto vario	Pratolungo - GRA	Pk 29+500	Tombino idraulico	13, 0	2,7	132,4	2,37	4,79	0,15	25,07	23,0	-2,07
SDF TR=200 con laminazione Moto vario	Pratolungo - GRA	Pk 29+500	Tombino idraulico	13, 0	2,7	29,4	1,60	2,22	1,02	22,50	23,0	0,50
PROG TR=200 con laminazione Moto vario	Pratolungo - GRA	Pk 29+500	Tombino idraulico	13, 0	2,7	29,4	1,79	2,33	1,47	22,40	23,0	0,60

5.2.1.2 Fiume Aniene

L'intervento in esame prevede lo scavalco del fiume Aniene sia per la complanare interna sia per quella esterna. Tale configurazione progettuale prevede quindi la realizzazione di due nuovi attraversamenti sul fiume Aniene a monte e a valle del ponte esistente del GRA.

L'attraversamento del fiume Aniene con il tracciato del Grande raccordo anulare allo stato attuale è costituito da un'unica campata ad arco di larghezza netta pari a circa 40 m. La quota di intradosso in chiave dell'arco è a 26,52 m s.m., in imposta è a quota 21,92 m s.m. mentre la quota di estradosso dell'impalcato è a 28,04 m s.m..

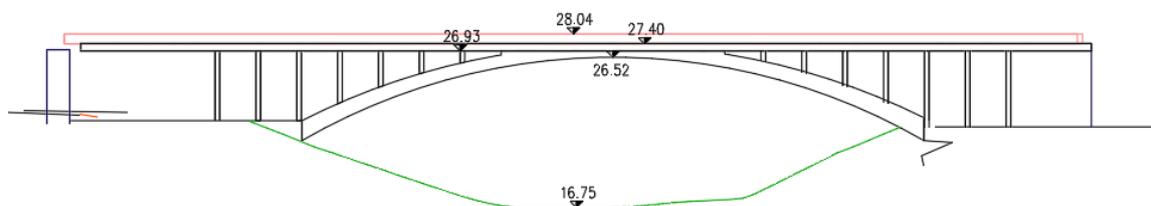


Figura 13: Prospetto dell'attraversamento sul fiume Aniene del GRA.

La struttura dell'impalcato appoggia sull'arco in chiave mentre la restante porzione della soletta dell'impalcato è sorretta da un reticolato di pilastri. In sinistra idraulica, in area golenale passa al di sotto del ponte una strada di servizio, via Mirtillo. Tale passaggio avviene tra la spalla e l'arco, in uno spazio largo circa 9 m.

L'ubicazione dei due attraversamenti è stata studiata in modo tale da rendere le due nuove opere in ombra rispetto al ponte esistente in modo tale non creare un aggravio per il deflusso delle piene del fiume. Le spalle dei ponti in progetto sono in ombra e seguono l'allineamento delle geometrie dell'infrastruttura del ponte esistente.

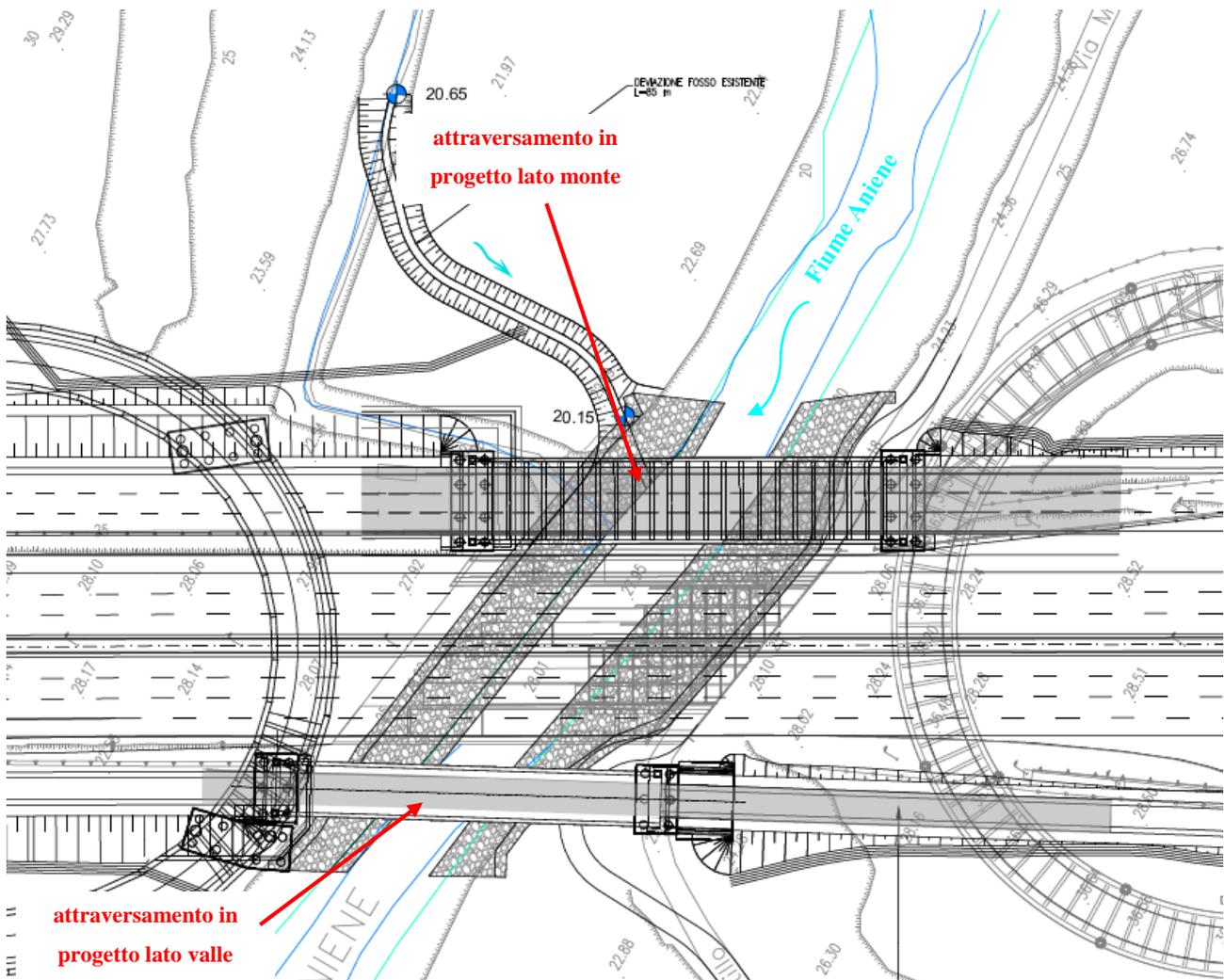


Figura 14: Planimetria di progetto degli attraversamenti sul fiume Aniene

L'attraversamento di monte è costituito da una unica campata di larghezza pari a 76,5 m circa. L'impalcato ha una quota di intradosso sulla spalla destra a 27,74 m s.m. mentre sulla spalla opposta la quota di intradosso è a 29,20 m s.m..

1 - SCALA 1:100

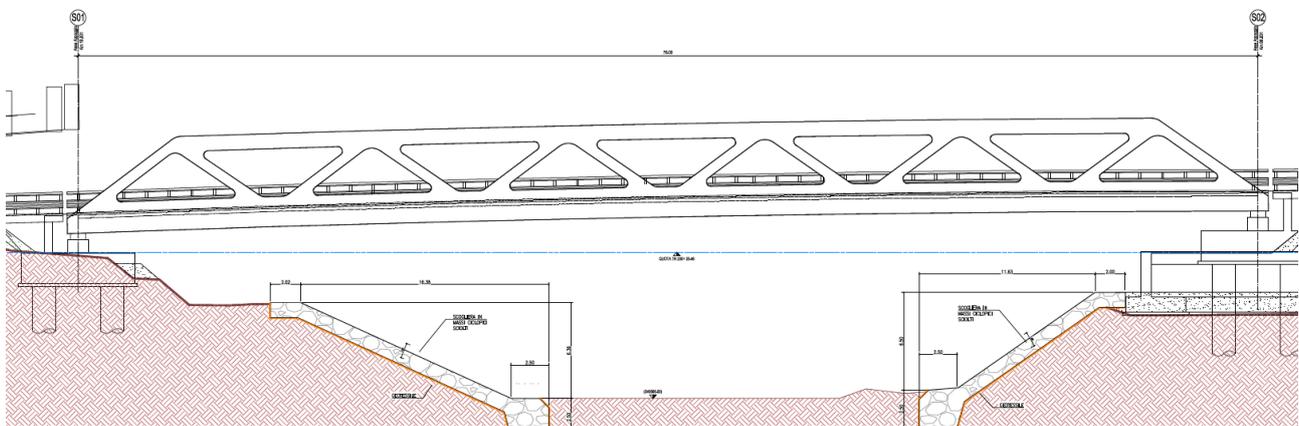


Figura 15: Prospetto del ponte di progetto della complanare lato monte

Anche l’attraversamento di valle è costituito da una unica campata di larghezza pari a 68 m circa. L’impalcato ha una quota di intradosso sulla spalla destra a 27,64 m s.m. mentre sulla spalla opposta la quota di intradosso è a 28,19 m s.m..

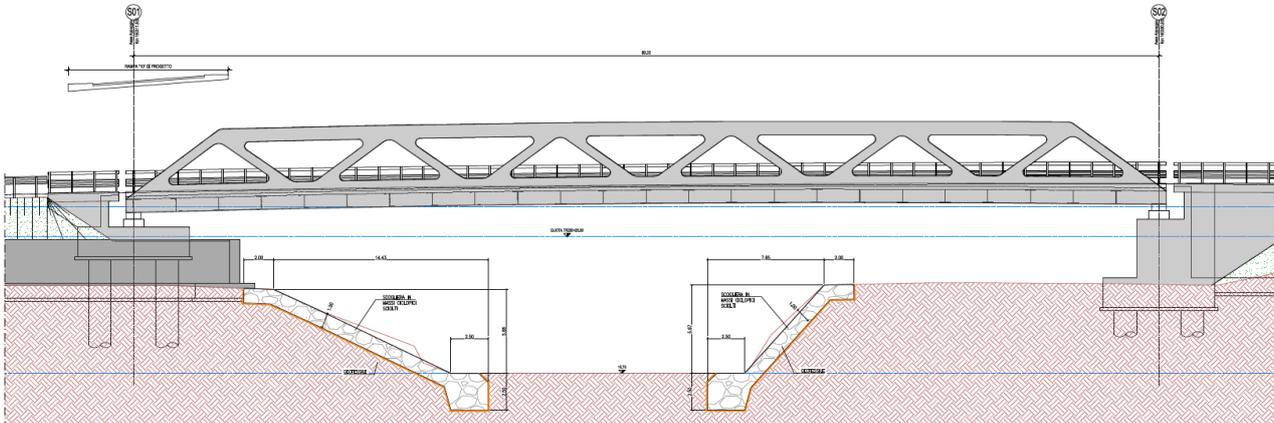


Figura 16: Prospetto del ponte di progetto della complanare lato valle

Le analisi hanno riguardato due differenti configurazioni, stato di fatto (ante Operam) e di progetto (post Operam), durante il transito della piena di riferimento per le analisi di compatibilità idraulica corrispondente all’evento con tempo di ritorno di 200 anni.

Configurazione di stato di fatto – Evento TR200 anni

Lo scenario definisce il livello di riferimento per la verifica di compatibilità del ponte nella configurazione di stato di fatto. Gli elementi principali che caratterizzano il comportamento in piena del ponte per la piena duecentennale sono sintetizzabili nei punti di seguito esposti.

- Le velocità massime puntuali raggiunte in prossimità del ponte sono prossime ai 3 m/s nella sezione in mezzeria al ponte. In corrispondenza dei rilevati di approccio alle spalle del ponte si notano delle velocità molto ridotte prossime a 0,2 – 0,5 m/s nelle zone più distanti all’alveo, poi man mano che ci si avvicina alla spalla per l’effetto di richiamo della corrente le velocità aumentano fino a raggiungere i valori massimi sopra esposti, in particolare in corrispondenza delle spalle le velocità massime riscontrate nel modello sono di circa 2 m/s. Un ulteriore aspetto che si nota grazie alla modellazione bidimensionale è il dettaglio dei vettori che indicano la direzione del moto. Per l’impatto con l’infrastruttura, durante l’evento di piena la corrente si rende ortogonale all’attraversamento e quindi devia rispetto alla direzione dell’alveo di magra di circa 20°.
- Analizzando i livelli idrici in corrispondenza dell’attraversamento si riscontra che nella sezione di imbocco al ponte il livello massimo è di 26,46 m s.m., in mezzeria è di 28,18 m s.m. mentre nella sezione appena a valle dell’attraversamento si ha un livello di 26,18 m s.m.. Quindi rispetto al livello di piena si percepisce che la corrente transita attraverso l’arco del ponte in pressione, pur garantendo un franco minimo rispetto al piano viabile di circa 1,5 m.

Configurazione di stato di progetto – Evento TR200 anni

Lo scenario definisce il livello di riferimento per la verifica di compatibilità dei ponti in progetto.

Preme evidenziare come in termini di volumi l’occupazione della viabilità in progetto è del tutto irrilevante rispetto ai volumi potenziali di piena e alle aree golenali allagate. L’allargamento del rilevato stradale, dovuto sia alla

rilocalizzazione della strada sia ai rilevati d’approccio, comporta una diminuzione del volume di invaso, che si può ritenere tuttavia ininfluente ai fini della capacità d’invaso complessiva dell’area che è dell’ordine delle migliaia di metri cubi. Tale aspetto lo si riscontra sia dai profili idraulici sia dalle aree di allagamento riportate negli elaborati grafici del progetto.

Rispetto quindi alle condizioni idrauliche, l’intervento di progetto non è peggiorativo rispetto le attuali condizioni idrauliche.

Gli elementi principali che caratterizzano il comportamento in piena del ponte per la piena duecentennale sono sintetizzabili nei punti di seguito esposti.

- Le velocità massime puntuali raggiunte in prossimità dei tre ponti consecutive rimangono di circa 3 m/s. In corrispondenza dei rilevati di approccio alle spalle del ponte si notano delle velocità molto ridotte prossime a 0,2 – 0,5 m/s nelle zone più distanti all’alveo, poi man mano che ci si avvicina alla spalla per l’effetto di richiamo della corrente le velocità aumentano fino a raggiungere i valori massimi sopra esposti, in particolare in corrispondenza delle spalle le velocità massime riscontrate nel modello sono di circa 2 m/s. Per l’effetto dell’allungamento dell’attraversamento sul fiume Aniene si riscontra un bulbo delle velocità più esteso rispetto alla condizione ante Operam, questo effetto comporta quindi una minima riduzione dei livelli lato monte poichè in corrispondenza dell’attraversamento è aumentato il campo delle velocità.
- Analizzando i livelli idrici in corrispondenza dell’attraversamento in progetto di monte si riscontra che nella sezione di imbocco al ponte il livello risente del maggior effetto di richiamo della corrente rispetto alla configurazione ante Operam, con un livello di circa 26,43 m s.m., ma in corrispondenza della spalla destra il livello torna ad essere di 26,46 m s.m., a dimostrazione che le opere in progetto non determinano un aggravio rispetto alla condizione ante Operam pertanto è plausibile constatare l’invarianza idraulica dell’intervento rispetto all’impatto sul profilo della piena con tempo di ritorno di 200 anni. Nella sezione di imbocco dell’attraversamento in progetto della complanare di valle il livello è di 25,90 m s.m. mentre nella sezione a valle dell’attraversamento si registra un valore di livello pari a 25,80 m s.m.. E’ evidente che il profilo idrico rimane influenzato dal rigurgito dettato dal ponte esistente che continua ad avere un funzionamento in pressione dell’arco.

Le simulazioni idrauliche condotte permettono di analizzare le diverse grandezze che descrivono le interazioni tra il ponte e le condizioni di deflusso in piena lungo l’alveo ai fini della valutazione della compatibilità idraulica.

Nel seguito vengono presi in considerazione i seguenti temi:

- franco idraulico sul ponte;
- scalzamento sulle fondazioni in alveo del ponte.

Per quanto concerne la verifica del franco idraulico, si riporta di seguito una tabella riassuntiva (Tabella 3) in cui emerge la verifica imposta dalle normative vigenti.

- *Tabella 3: Sintesi dei risultati delle modellazioni monodimensionali per i differenti scenari.*

Evento di piena	Attraversamento	Quota di intradosso di riferimento	Livello di piena	Fr (NTC)	Fr (calcolato)

		(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)	(m)
TR200	Ponte esistente	24,21	26,46	1,5	-2,24
TR200	Ponte in progetto (monte)	28,52	26,46	1,5	2,06
TR200	Ponte in progetto (valle)	28,11	25,90	1,5	2,21

Le azioni di erosione presso i due nuovi ponti sull’Aniene risultano contenute: sono previste in ogni modo delle scogliere in massi ciclopici ad azione antiscalzamento.

5.2.2 Idraulica di piattaforma

L’attuale infrastruttura stradale, a due carreggiate con due corsie per senso di marcia, ha un sistema di raccolta del drenaggio di piattaforma di tipo a ciclo aperto, quindi SENZA trattamento qualitativo della prima pioggia: gli embrici, i collettori e le cunette di raccolta affluiscono ai due principali recapiti (i due fiumi) senza trattamento qualitativo né laminazione delle acque.

In linea di principio generale il trattamento delle acque di dilavamento della piattaforma stradale è di fondamentale importanza per la salvaguardia della qualità ambientale dei corpi d’acqua superficiali e profondi, data la presenza nelle acque di prima pioggia di sabbia, terriccio ed oli minerali leggeri. Pertanto, le aree pavimentate aperte al traffico devono essere opportunamente predisposte per favorire il convogliamento delle precipitazioni meteoriche verso zone filtro e/o impianto di trattamento, affinché la loro immissione nel ricettore finale avvenga nei limiti di accettabilità previsti dalla normativa vigente.

L’adeguamento di strade esistenti spesso mal si concilia con tale necessità, in quanto l’infrastruttura originariamente nasce e si vincola a pregressi crismi progettuali che non lasciano invece oggi libera scelta di adeguamento; ne sono contestuale esempio la progressiva perdita di efficienza dei recapiti delle acque superficiali, il disordine del reticolo fognario urbano promiscuo, la presenza di strade, opere e sottoservizi che riducono sino ad annullare i consueti spazi necessari al corretto inserimento delle reti di drenaggio.

Per tale motivo gli indirizzi progettuali applicati al presente progetto prevedono il seguente approccio per il trattamento delle acque di piattaforma:

- le acque dell’asse principale di entrambe le carreggiate vengono sostanzialmente sempre trattate, tranne nei tratti di raccordo con l’esistente dove prevale la rete di drenaggio già in essere;
- tutti gli elementi di raccordo con la viabilità esistente come rampe degli svincoli e nuove viabilità secondarie non prevedono il trattamento di prima pioggia, tuttavia a tutela ambientale saranno preferite scelte che evitano lo scarico delle acque di piattaforma direttamente nel recapito idrico superficiale, per esempio adottando fossi biofiltranti.

Anche in termini di invarianza idraulica si scontano i numerosi vincoli dell’agire sull’esistente, pertanto in linea di principio sono state attuate le seguenti scelte:

- realizzazione di bacini di laminazione e recapito in dispersione nel sottosuolo e/o suolo superficiale;
- recapito in reticolo acque superficiali solo a tergo di un confronto tra le superfici impermeabili ANTE-PSOT OPERAM a garanzia dell’invarianza idraulica.

Nel tratto stradale oggetto d'intervento, la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale si differenzia a seconda che il corpo stradale sia in rilevato, in trincea o in viadotto.

Nei tratti stradali in rilevato, la raccolta lungo i margini esterni della carreggiata avviene tramite canaletta continua. Le acque vengono poi convogliate nella rete di tubazioni sottostante per mezzo di pozzetti di ispezione, disposti lungo lo sviluppo della canaletta. Il ricoprimento minimo da garantire per le condotte è di circa 1.0 m rispetto la superficie stradale, comunque mai inferiore a 0.7 m.

Per quanto riguarda i tratti stradali con sviluppo in trincea, invece, l'acqua è raccolta lungo i margini esterni attraverso una cunetta alla francese e da qui convogliata nell'apposito collettore, per mezzo di pozzetti disposti longitudinalmente lungo la cunetta. La cunetta alla francese è adibita alla raccolta sia delle acque di piattaforma sia quelle provenienti dalla scarpata in affiancamento esterno (generalmente modeste).

La canaletta grigliata è utilizzata inoltre per la raccolta e smaltimento dell'acqua nei tratti con muri di sostegno. Nei tratti con muri di sottoscarpa o in presenza di paratia è stata utilizzata una canaletta in calcestruzzo posta a tergo del paramento. Nei viadotti presenti la raccolta avviene per mezzo di caditoie, pluviali e sottostanti collettori. In prossimità dei giunti dei viadotti è predisposta una gronda di raccolta dell'acqua a salvaguardia degli elementi in calcestruzzo costituenti l'impalcato.

Ai piedi del rilevato stradale sono previsti fossi di guardia, prevalentemente con funzionamento a dispersione, posti al piede del rilevato o in testa alle scarpate dei tratti in trincea.

Il sistema di raccolta delle acque di piattaforma è di tipo chiuso in cui, sulla base della normativa vigente, le acque meteoriche che ricadono sulle viabilità in progetto devono subire un processo di separazione tra prime piogge, considerate ad alta concentrazione di inquinanti, e seconde piogge, considerate sostanzialmente "bianche". Le prime piogge devono subire un processo di sedimentazione e disoleazione, al fine dell'abbattimento degli inquinanti.

La separazione delle acque di 1° e 2° pioggia è realizzata attraverso pozzetti scolmatori di by-pass, previsti prima di ogni impianto di trattamento.

L'acqua trattata, all'uscita dei presidi idraulici può essere conferita ad un recettore nel reticolo idrografico esistente, oppure trattenuta in bacini di laminazione per consentirne la dispersione nel sottosuolo. Con questa seconda modalità è possibile, inoltre, garantire l'invarianza idraulica rispetto all'idrografia esistente, non gravando con nuovi apporti in termini di volumi e portate.

Questi presidi idraulici sono di fondamentale importanza per la salvaguardia della qualità ambientale dei corpi d'acqua superficiali e profondi (falda), data la potenziale presenza nelle acque di prima pioggia di oli minerali leggeri e metalli pesanti, ma anche in caso di sversamento accidentale.

Tabella 4: Suddivisione del sistema di raccolta delle acque di drenaggio.

Lato Carreggiata	da progr.	a progr.	ID Impianto di trattamento	Vasca dispersione	Recettore
Esterno	28+777,50	29+060	TA.01:E	X	Sottosuolo
Esterno	29+060	29+340	TA.02:E	X	Sottosuolo
Esterno	29+340	29+980	TA.03:E	X	Sottosuolo e fosso di Pratolungo

Lato Carreggiata	da progr.	a progr.	ID Impianto di trattamento	Vasca dispersione	Recettore
Esterno	29+980	30+330	TA.04.I	X	Sottosuolo
Esterno	30+330	31+060	TA.04.E	X	Sottosuolo
Esterno	31+060	31+271,85	Raccordo con esistente		
Interno	28+777,50	29+060	TA.01.I	X	Sottosuolo
Interno	29+060	29+340	TA.02.I	X	Sottosuolo
Interno	29+340	29+960	TA.03.I	X	Sottosuolo e fosso di Pratolungo
Interno	30+000	30+330	TA.05.I	X	Sottosuolo
Interno	30+330	31+060	TA.06.I	X	Sottosuolo
Interno	31+060	31+271,85	Raccordo con esistente		

I dettagli della rete e il dimensionamento dei singoli tratti sono riportati nella specifica Relazione idraulica di piattaforma.

5.2.2.1 Invarianza idraulica

Allo stato attuale, per la piattaforma stradale del GRA non è presente un sistema di collettamento delle acque di piattaforma. Le acque piovane defluiscono, seguendo la pendenza della livelletta stradale e quella morfologica del terreno, ai due recapiti naturali individuati per il sistema: il fiume Aniene a sud e il fosso di Pratolungo a nord.

Nello specifico, la ripartizione tra i due corsi d'acqua può essere così definita:

- dalla progressiva stradale 28+777,50 di inizio intervento, alla 30+330 in cui vi è un massimo della livelletta stradale, le acque di piattaforma defluiscono verso il fosso di Pratolungo, drenando un'area complessivamente pari a 5,94 ha di superficie impermeabile;
- dalla progressiva 30+330 alla 31+060 le acque defluiscono verso il fiume Aniene, drenando un'area in questo caso pari a 2,44 ha di superficie impermeabile.

Gli interventi di progetto previsti per il potenziamento viabilistico del GRA prevedono l'inserimento di nuove corsie di marcia sul lato interno e conseguente incremento di superficie impermeabile rispetto alla configurazione attuale.

Tuttavia, nel rispetto delle normative vigenti, per lo smaltimento delle acque di piattaforma è previsto il collettamento verso impianti di trattamento e da qui, a seconda dei casi è possibile il recapito al reticolo superficiale oppure verso bacini di dispersione nel sottosuolo. In definitiva, l'incremento di superficie impermeabile dovuto all'allargamento della piattaforma stradale non comporta un proporzionale incremento di apporti ai corpi idrici recettori.

Infatti, con riferimento ai relativi elaborati “Planimetria dei bacini afferenti”, il sistema della raccolta delle acque di piattaforma nella configurazione progettuale sarà così distribuito:

Tabella 5: Bacini di drenaggio, con rispettiva superficie impermeabile e recapito finale.

Bacino afferente ID	Area Impermeabile [ha]	Vasca di trattamento WBS	Recapito
R.1.I	1,66	TA.01.I	Bacino di dispersione
R.1.E	1,64	TA.01.E	Bacino di dispersione
R.2.I	0,80	TA.02.I	Bacino di dispersione
R.2.E	0,96	TA.02.E	Bacino di dispersione

Bacino afferente ID	Area Impermeabile [ha]	Vasca di trattamento WBS	Recapito
R.3.I	1,77	TA.03.I	Bacino di dispersione (1 ^a pioggia) Recapito fosso di Pratolungo (2 ^a pioggia)
R.3.E	1,77	TA.03.E	Bacino di dispersione (1 ^a pioggia) Recapito fosso di Pratolungo (2 ^a pioggia)
R.4.I	1,22	TA.04.I	Bacino di dispersione
R.5.I	1,07	TA.05.I	Bacino di dispersione
R.5.E	2,20	TA.04.E	Bacino di dispersione
R.6.I	2,34	TA.06.I	Bacino di dispersione

Come si evince dalla precedente Tabella 5, secondo il sistema progettuale di raccolta le acque recapitate ad un corso idrico superficiale saranno esclusivamente quelle provenienti dai bacini di piattaforma R.3.I ed R.3.E. Per questi due bacini nel sistema di collettamento è prevista una separazione, mediante appositi scolmatori, delle acque di 1° e 2° pioggia che saranno convogliate rispettivamente a trattamento e a recapito superficiale nel secondo caso. Pertanto, in una configurazione post-operam, al fosso di Pratolungo giungeranno le acque di piattaforma drenate da una superficie impermeabile di 3.54 ha, mentre per l’Aniene non sono più previsti apporti provenienti dal drenaggio stradale.

In conclusione, nonostante gli interventi progettuali determinino una soglia dimensionale associabile a una significativa impermeabilizzazione potenziale (intervento su superfici di estensione compresa tra 1 e 10 ha), confrontando il sistema degli apporti idrici ai corpi superficiali rispetto agli scenari ante e post-operam, si può concludere che le trasformazioni allo stato del suolo non concorrano ad aggravare le portate del reticolo idrografico.

Infatti, per la maggior parte delle acque di piattaforma è previsto il recapito verso un bacino di dispersione nel sottosuolo, andando in questo modo a ridurre sensibilmente l’apporto verso il reticolo superficiale.

Nella seguente è riportato il confronto tra le superfici impermeabili afferenti ai corpi idrici superficiali negli scenari ante e post-operam.

Tabella 6: Superfici impermeabili afferenti in corpi idrici superficiali.

Recapito recettore	Superficie impermeabile ANTE-OPERAM [ha]	Superficie impermeabile POST-OPERAM [ha]
Fosso di Pratolungo	5,94	3,54
Fiume Aniene	2,44	0

6 SISMICA

6.1 Inquadramento sismico

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha realizzato una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale per soddisfare diversi requisiti, ed in particolare per recepire le conoscenze più recenti sulla tettonica attiva della penisola e sulla distribuzione delle sorgenti sismogenetiche, fornire per ogni zona una stima della profondità efficace dei terremoti (ovvero l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti) e un meccanismo di fagliazione prevalente attraverso l'analisi cinematica di eventi geologici importanti che interessano la crosta superficiale e anche strutture profonde (INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004).

La ZS9 rappresenta la più recente zonizzazione sismogenetica del territorio nazionale ed è stata elaborata tenendo in considerazione i principali riferimenti informativi sui terremoti: progetto DISS e il Database Macrosismico Italiano (DBMI11) che contiene i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani rilasciato nel dicembre 2011 (CPTI11).

Il territorio italiano è suddiviso in 36 aree differenti numerate da 901 a 936 cui vanno aggiunte 6 zone non utilizzate in quanto non contribuiscono alla pericolosità del territorio italiano o hanno un numero di eventi interno molto basso.

L'area in esame si trova in corrispondenza della zona 922 nel settore dell'Appennino settentrionale e centrale. Questa zona, insieme alle 921, racchiudono aree caratterizzate da elevato flusso di calore (Mongelli e Zito, 1991). L'intero settore è caratterizzato da una diffusa sismicità di energia moderata, con pochi eventi di magnitudo più elevata, responsabili di danni significativi su aree di limitata estensione anche per la superficialità degli ipocentri (Bagnoregio 1695, Orciano Pisano 1846, Piancastagnaio 1919). La separazione di questo settore in due zone è dovuta alla presenza di un'area intermedia, coincidente con il vulcano sabatino e con l'Agro Romano, pressoché priva di sismicità (Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica - INGV).

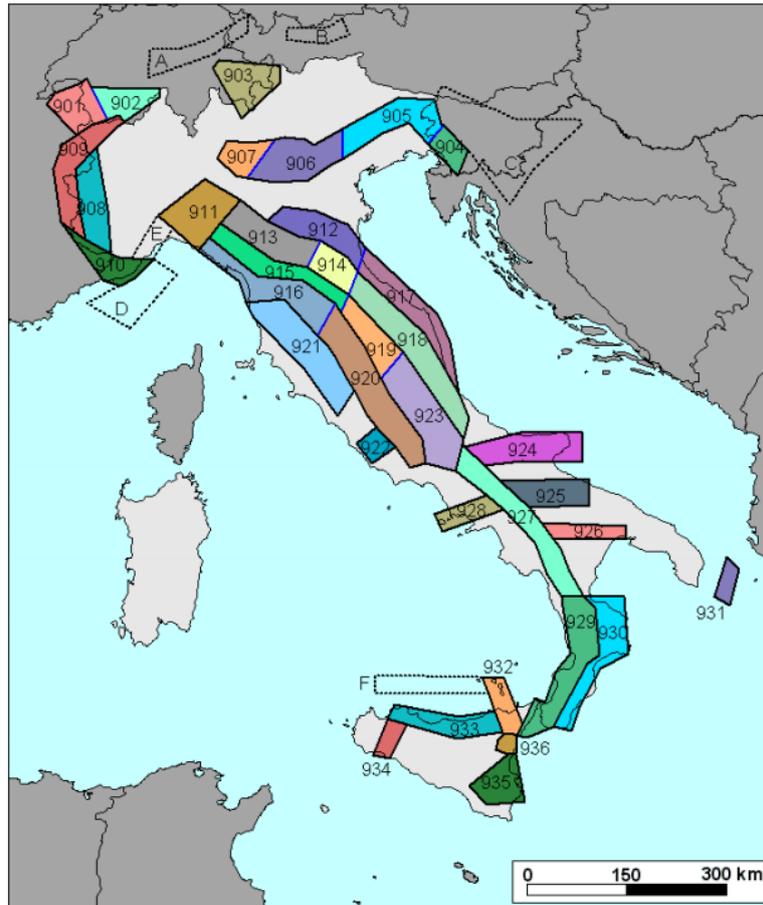


Figura 17: Zonazione sismogenetica ZS9. I limiti blu separano zone con analogo significato cinematico ma diverse caratteristiche sismiche (fonte: INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004)

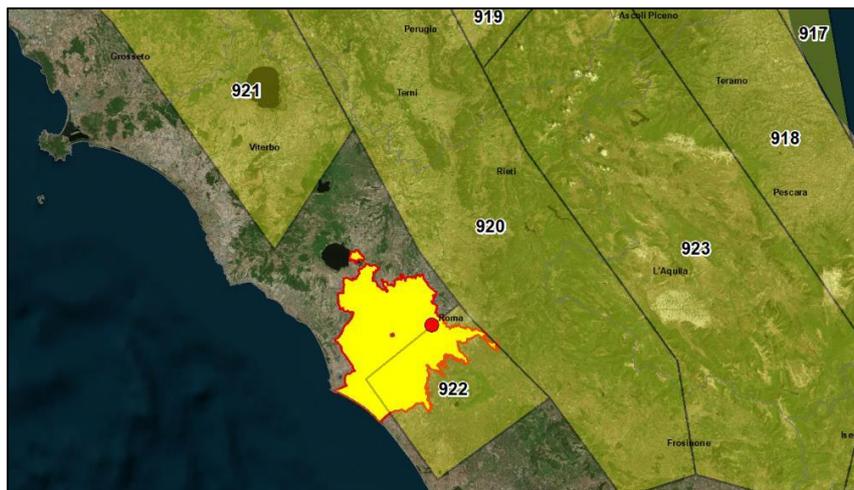


Figura 18: Particolare di Figura 17 in cui viene evidenziato il comune di Roma e l'area in esame

6.2 Classificazione sismica

La classificazione dell’area rispetto alle zone sismiche per il territorio di Roma, ai sensi dell’Ord. 3274/2003, aggiornata con DGR n. 387 del 22/05/2009 e successivamente modificata con la DGR n. 571 del 2/08/2019, individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale su terreno rigido (a_g) con probabilità di superamento del 10% (SLV) in 50 anni (periodo di riferimento VR), è attribuibile alla **Zona 2B**.

Zona sismica 2B	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti. La sottozona 2B indica un valore di $a_g < 0,20g$. Comprende le aree territoriali dei Municipi IV, V, VI, VII, VIII, IX di Roma.
Zona sismica 3A	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La sottozona 3A indica un valore di $a_g \geq 0,10g$. Comprende le aree territoriali dei Municipi I, II e III più i Municipi X, XI, XII, XIII, XIV e XV di Roma.
Zona sismica 3B	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La sottozona 3B indica un valore di $a_g < 0,10g$. Comprende l’area territoriale dell’isola amministrativa (Municipio XV).

Figura 19: Classificazione delle zone sismiche di Roma suddivisa per Municipi

Tabella 7 - Parametri sismici dell’area di intervento (Tabella 1 allegata alle NTC 2018)

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,067	2,478	0,275
SLD	101	0,083	2,488	0,281
SLV	949	0,182	2,535	0,292
SLC	1950	0,225	2,510	0,303

Per quanto riguarda inoltre la definizione dei coefficienti sismici sono state operate le seguenti classificazioni tipologiche sia per quanto concerne l’opera in progetto, sia per quanto riguarda la stratigrafia del sito di edificazione.

In primo luogo, è stata definita a livello preliminare la classe prevalente delle opere, facendo riferimento alla **IV Classe**, così come definita dalle NTC 2018 (Tabella 8).

Tabella 8 - Classi degli edifici secondo le NTC 2018

Classe	Descrizione
Classe	Descrizione
I.	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II.	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III.	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV.	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

È stata quindi definita la “Vita nominale” dell’opera, facendo riferimento al valore di **50 anni**, così come definito dalle NTC 2018 (Tabella 9).

Tabella 9 - Vita nominale delle opere secondo le NTC 2018

Tipo opera	Vita Nominale
Opere provvisorie	<=10,
Opere ordinarie	>=50,
Grandi opere	>=100

6.3 Classificazione del suolo

La classificazione della categoria di sottosuolo viene eseguita principalmente sulla base di misure dirette dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità.

Con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC, e alle caratteristiche stratigrafiche individuate, la categoria di sottosuolo del sito di edificazione, facendo riferimento alla **Categoria C**, così come definita dalle NTC (Tabella 10).

Tabella 10 - Categorie di sottosuolo secondo le NTC 2018

Categoria	Descrizione
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.

Per quanto riguarda infine la definizione della categoria topografica dell'area in esame è stato fatto riferimento alla categoria T1 in ragione della morfologia dell'area e così come definita dalle NTC 2018 (Tabella 11).

Tabella 11 - Categorie topografiche secondo le NTC 2018

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

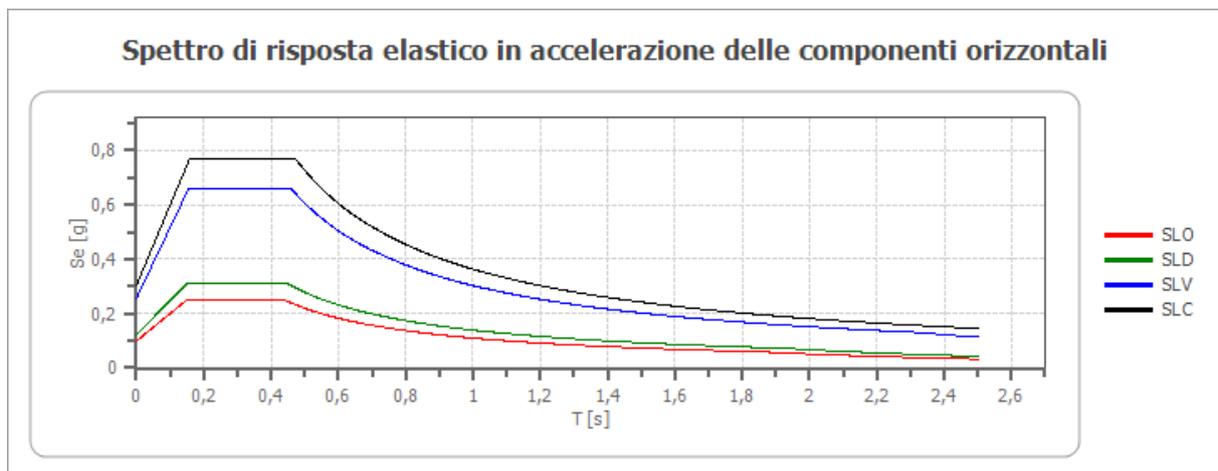
6.4 Spettri di risposta elastici

Sono stati definiti gli spettri relativi alle componenti orizzontale e verticale, con riferimento agli stati limite contemplati dalle NTC-18 ed in particolare:

- SLE Stati limite di esercizio
 - SLU Stati limite ultimi
- SLO Stato limite di operatività
 - SLD Stato limite di danno
 - SLV Stato limite di salvaguardia della vita
 - SLC Stato limite di prevenzione del collasso

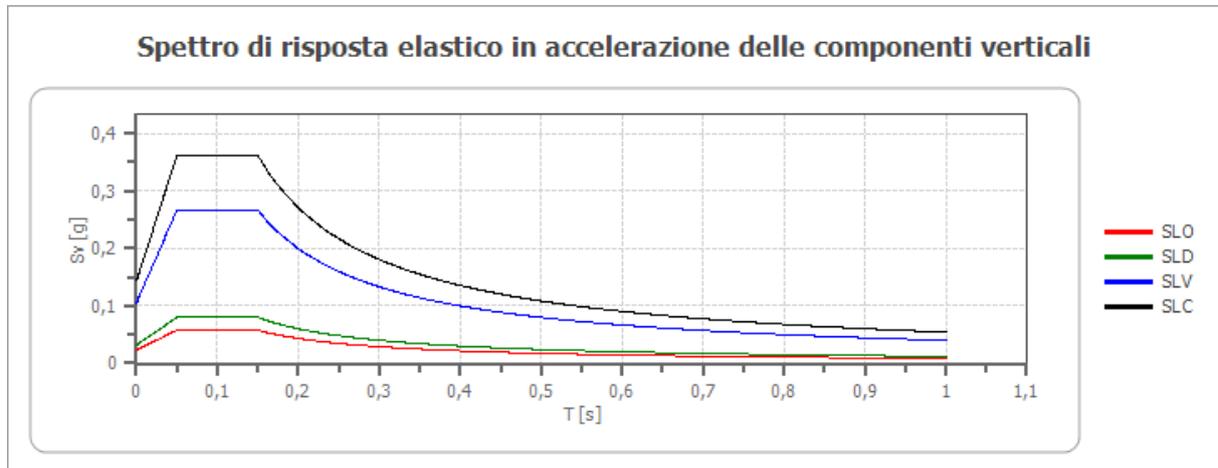
I grafici riportati nelle seguenti figure rappresentano i valori di accelerazione spettrali attesi (S_d [g]) rispetto ad un periodo di oscillazione di riferimento (T [s]). Nel corso della progettazione strutturale esecutiva degli interventi tali considerazioni dovranno essere verificate e puntualizzate in funzione delle caratteristiche strutturali e dimensionali degli edifici stessi.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,067	2,478	0,275	1,500	1,610	1,000	1,500	1,000	0,148	0,443	1,867	0,100	0,248
SLD	2,0	0,083	2,488	0,281	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,150	0,450	1,932	0,124	0,309
SLV	2,0	0,182	2,535	0,292	1,420	1,580	1,000	1,420	1,000	0,154	0,462	2,329	0,259	0,656
SLC	2,0	0,225	2,510	0,303	1,360	1,560	1,000	1,360	1,000	0,158	0,473	2,499	0,306	0,767

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,067	2,478	0,275	1	1,610	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,023	0,058
SLD	2,0	0,083	2,488	0,281	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,032	0,080
SLV	2,0	0,182	2,535	0,292	1	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,105	0,266
SLC	2,0	0,225	2,510	0,303	1	1,560	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,144	0,361

7 ARCHEOLOGIA

7.1 Premessa

Lo studio archeologico condotto per il presente Progetto Definitivo è realizzato in ottemperanza all'art. 25 del D. Lgs. n. 50/2016, che ha inglobato i precedenti artt. 95 e 96 del D. Lgs. n. 163/2006 sulla verifica preventiva dell'interesse archeologico. Lo studio ha come finalità quella di fornire indicazioni sull'interferenza tra l'opera in progettazione e le possibili preesistenze archeologiche nell'area di intervento, tramite l'analisi dei dati territoriali e storico-archeologici, l'accertamento preventivo dell'interesse archeologico della stessa e la redazione di una **Carta del Rischio o Potenziale Archeologico**, che costituendo l'esito delle indagini indirette effettuate, rappresenta strumento essenziale per una progettazione infrastrutturale che consenta e garantisca la tutela e la salvaguardia del patrimonio archeologico.

7.2 Fonti e metodologia

Come prescritto dal decreto in vigore sopra citato, il lavoro si è svolto attraverso una serie di fasi successive:

- lettura delle caratteristiche ambientali e geomorfologiche complessive del contesto territoriale in cui ricadono gli interventi in progettazione;
- acquisizione delle informazioni bibliografiche e di tutti i dati d'archivio disponibili riguardanti la documentazione storico-archeologica relativa all'area considerata, nonché della documentazione cartografica e delle aerofotogrammetrie;
- lettura fotointerpretativa delle foto aeree della zona, al fine di rintracciare eventuali anomalie da verificare sul terreno attraverso la visione autoptica;
- sopralluoghi e ricognizione di superficie sistematica nell'area direttamente interessata dai lavori, con la registrazione e campionatura di eventuali presenze archeologiche (strutture, aree di frammenti fittili o rinvenimenti sporadici) riscontrabili sul terreno;
- sintesi dei dati acquisiti, confluita nel presente elaborato grafico-descrittivo, in cui sono riportati i risultati di tutte le attività conoscitive svolte sul territorio ed è allegata la documentazione cartografica di riferimento;

in conclusione, valutazione del potenziale archeologico dell'area in esame e dell'impatto dell'opera in progetto sui beni e sui contesti di interesse archeologico.

Si nota che la ricognizione ha interessato oltre 266 ettari di territorio, in un ambito territoriale limitato alla sola zona interessata dai lavori di costruzione delle nuove rampe di accesso al G.R.A. per una fascia coassiale minima di m 150 per i quasi 4 chilometri di percorso.

Come premessa e supporto alle indagini specifiche si è provveduto innanzitutto ad un attento esame delle principali caratteristiche geografico-ambientali e geologico-strutturali del territorio entro cui è compresa l'area specificatamente interessata dal progetto.

Le informazioni atte ad ottenere un quadro generale degli aspetti geomorfologici del contesto, con specifico riguardo per quelli più utili alla comprensione delle forme antiche di occupazione del territorio, alla programmazione efficace e alla esecuzione delle indagini previste sul campo e alla corretta valutazione dei dati da esse derivanti, sono state desunte dalla lettura delle carte IGM (scala 1:25.000) e dall'analisi dettagliata delle carte CTR (scala 1:10.000).

All'analisi topografica e ambientale preliminare è stato associato anche uno studio di carattere generale sul quadro complessivo del popolamento antico del contesto territoriale in esame quale desumibile dalle conoscenze di cui si dispone

sinora e dalla documentazione già edita, studio indispensabile per la comprensione e la contestualizzazione delle attestazioni note per l'area specificatamente oggetto degli interventi progettuali e del presente studio, nonché per la corretta valutazione di eventuali nuovi rinvenimenti scaturiti dalle indagini condotte sul terreno.

In questa fase preziose informazioni sono state tratte dalla cartografia storica, dagli studi inerenti la viabilità antica e dalla toponomastica.

Successivamente la ricerca si è sviluppata secondo livelli progressivi di approfondimento dell'indagine archeologica preliminare, al fine di determinare l'esatto interesse archeologico della porzione di territorio interessata dal progetto.

Una prima fase, specificatamente analitico-conoscitiva, è stata realizzata attraverso la ricerca, l'acquisizione e lo studio del materiale documentario di carattere archeologico disponibile sull'area e le sue immediate adiacenze, comprendente monografie, atti di convegni, articoli specialistici.

L'emergenza COVID 19 ha impedito di portare a compimento lo spoglio d'archivio negli schedari della Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio del Comune di Roma, e di verificare l'esistenza di vincoli archeologici non ancora desumibili dal portale istituzionale del MIBACT <http://vincoliinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/utente/login>, ma il caricamento di numerosi interventi di archeologia preventiva sul portale istituzionale <http://www.archeositarproject.it/> ci ha comunque permesso di avere un quadro abbastanza preciso del potenziale archeologico presente nell'area.

Questa prima fase della ricerca è stata così completata con l'acquisizione dei dati relativi alle aree sottoposte a vincolo di tipo archeologico nel Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR), acquisibili tramite servizio WMS.

A conclusione sono state redatte apposite **Schede delle Presenze Archeologiche** (PA) sia per i siti segnalati in bibliografia che sul portale <http://www.archeositarproject.it/>.

Contestualmente, i siti archeologici individuati attraverso lo spoglio della bibliografia e degli archivi della Soprintendenza sono stati posizionati nella **Carta delle Presenze Archeologiche**, in scala 1:5000, visualizzati attraverso specifiche simbologie atte ad evidenziare sia il tipo di evidenza che l'ambito cronologico di riferimento, secondo la Legenda qui di seguito riportata (*Tab. 1*):

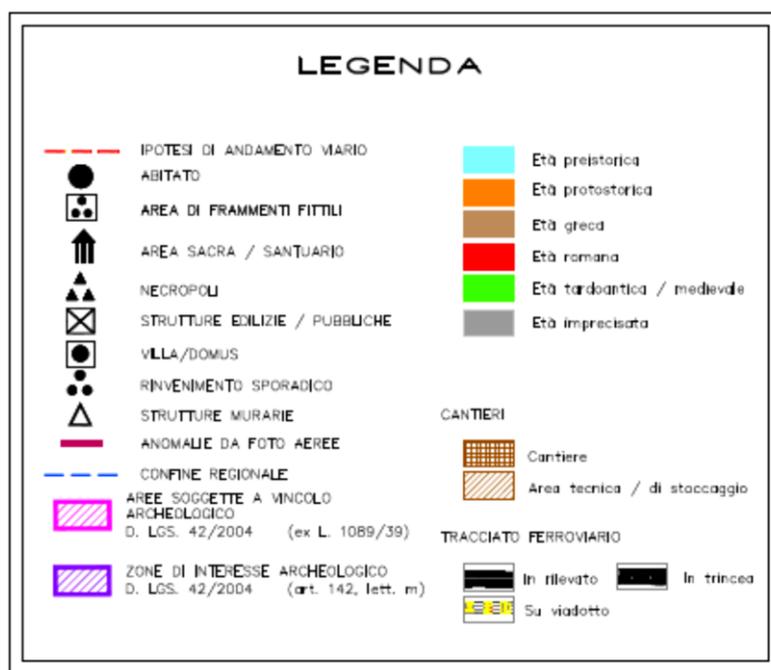


Figura 20: Legenda della Carta delle Presenze Archeologiche

Nella medesima base cartografica sono state inserite anche le aree già riconosciute come “zone di interesse archeologico” e conseguentemente sottoposte a tutela, opportunamente distinte nella simbologia.

Le informazioni descritte sono dettagliatamente illustrate nella Carta delle Presenze Archeologiche.

A questa prima serie di indagini è seguita l'analisi fotointerpretativa delle foto aeree disponibili in *open data* su Google Earth e sul Portale Cartografico Nazionale. Le anomalie con possibile significato archeologico individuate sono state descritte in apposite **Schede di Anomalia Fotografica (AF)** e visualizzate nella Carta delle Presenze Archeologiche summenzionata.

Nell'ultima fase del lavoro si è proceduto alla ricognizione archeologica sistematica dei luoghi interessati dalle opere in progetto, con la duplice finalità di verificare sul campo le informazioni raccolte attraverso lo spoglio della bibliografia e l'analisi fotointerpretativa, soprattutto in riferimento alle zone già sottoposte a tutela, e di individuare eventuali nuove tracce di occupazione in antico.

Analogamente a quelli raccolti attraverso lo studio bibliografico, i dati raccolti attraverso la ricognizione sono stati ordinati in apposite **Schede delle Unità di Ricognizione (UR)**.

La rappresentazione cartografica degli stessi dati, su tavola in scala 1:5000 è allegata alla presente relazione come **Carta della Visibilità dei Suoli e delle Unità di Ricognizione**.

Il completamento delle fasi conoscitive e di verifica ha quindi naturalmente introdotto la conseguente e decisiva fase dei lavori dedicata alla sintesi complessiva e finale di tutti i dati raccolti.

Attraverso l'analisi dei risultati acquisiti mediante la raccolta delle informazioni note e valutate anche alla luce della ricognizione visiva, è così scaturita una stima del livello del rischio archeologico associato alla realizzazione dell'opera, o per meglio dire, in base alla nuova terminologia adottata nella più recente normativa, la **Valutazione del Potenziale Archeologico** dell'area oggetto degli interventi progettuali.

7.3 Risultati

L'area ricadente lungo il tracciato della circonvallazione orientale tra gli svincoli di Casal Monastero e Torre S. Eusebio, alla destra idrografica del fiume Aniene, è interessata da una lunga frequentazione umana che le indagini archeologiche, seppur non sistematiche, hanno contribuito a ricostruire. Lo stato degli studi e delle ricerche di ambito archeologico risulta particolarmente approfondito solo a partire dagli Anni Novanta, quando le attività di indagini preventive hanno avuto inizio.

Le dinamiche del popolamento sembrano adattarsi alla peculiare configurazione geografica del territorio, e che la via Tiburtina, principale direttrice di traffico ha condizionato le dinamiche insediative in antico, così come l'attività estrattiva ed agricola.

Per il periodo preistorico, il giacimento più importante rinvenuto è quello di Setteville, frazione di Guidonia, datato al Neolitico, tuttavia il contesto territoriale preso in esame appare insediato dall'uomo senza soluzione di continuità a partire dal periodo repubblicano, con una maggiore densità soprattutto nell'età imperiale, quando l'agro romano gravitante nel bacino dell'Aniene ed intorno alla via Tiburtina rientra nel *network* del commercio agricolo, del tufo e della pozzolana con Roma. Le presenze archeologiche note si riferiscono in maggioranza a ritrovamenti di impianti di estrazione di blocchi di tufo e pozzolana, attività antiche di lavori agricoli, a sistemi di drenaggio dell'acqua piovana, a tratti della Viabilità romana principale (via Tiburtina) e secondaria (diverticoli), a necropoli, anche se sicuramente il ritrovamento principale è quello della villa romana di Via Carciano (PA13) e quella di Casale Bonanni (PA20).

Dopo un'inevitabile contrazione del popolamento in epoca tardoantica ed altomedievale, che vede l'abbandono delle *villae* romane che presentano frequentazione solo di tipo sepolcrale, l'occupazione di questa porzione di territorio vede nuovo slancio a partire dal XIII secolo, con la costruzione di innumerevoli casali e torri a controllo della viabilità fluviale e terrestre. I toponimi riferibili a questa occupazione segnano ancora le località dell'area, seppur spesso resta solo il ricordo nella toponomastica viaria moderna. Si pensi solo a “Torre dei Cavallari”, “Tor Cervara”, Torre Sant'Eusebio”, “Casale Monastero”, “Torre di Pratolungo”, solo per citarne alcuni. Una frequentazione rurale intensiva di tutto il territorio, attestata senza soluzione di continuità fino alla grande urbanizzazione degli anni Sessanta-Ottanta.

8 INFRASTRUTTURA STRADALE

Per quanto riguarda i dati di traffico, è stato considerato quanto contenuto nello studio di impatto del traffico di cui all'“Analisi trasportistica” svolta nell'ambito delle attività del Progetto Definitivo.

Tale studio ha preso in considerazione 5 scenari le cui caratteristiche sono state dettagliatamente descritte nella Relazione Illustrativa Generale e sono riepilogate nella tabella seguente:

SCENARIO			ANNO DI RIFERIMENTO
SDF	Stato di fatto	GRA non potenziato	
SDR	Scenario Di Riferimento	entrata in esercizio dell'intervento sullo svincolo di Casal Monastero e dell'adeguamento della Via Tiburtina.	2030
SDP I	Scenario di Progetto (I Fase funzionale)	scenario di riferimento più adeguamento Svincolo Tiburtina con GRA non potenziato. La I fase funzionale coincide con il I stralcio funzionale del Progetto definitivo di potenziamento del GRA.	2030
SDP II base	Scenario di Progetto (II Fase funzionale) soluzione base	sviluppato a partire dalla prima fase funzionale, include il GRA potenziato e l'adeguamento dello Svincolo tiburtina. La II fase funzionale coincide con il II stralcio funzionale del Progetto definitivo di potenziamento del GRA.	2030
SDP II 2corsie	Scenario di Progetto (II Fase funzionale) Soluzione a due corsie	sviluppato a partire dalla prima fase funzionale, include il GRA potenziato e l'adeguamento dello Svincolo tiburtina con modifiche alla soluzione base su alcuni tratti da una a due corsie.	2030

L'Analisi delle alternative, contenuta nella Relazione Illustrativa Generale, ha condotto ad escludere la soluzione di progetto a due corsie. Conseguentemente lo scenario finale di progetto coincide con quello profilato dalla soluzione base. Di seguito sono quindi sintetizzati i dati di traffico relativi agli scenari analizzati, con l'esclusione dell'alternativa a due corsie.

Nella tabella successiva sono riportati i valori di traffico giornaliero medi:

SCENARIO	TRAFFICO GIORNALIERO MEDIO				
SDF	Traffico Giornaliero Medio Veicoli Leggeri- TGM - SDF				
	A90	Svincolo 12	Svincolo 13	Svincolo 14	via Tiburtina
	661942	48985	89156	120515	81557
	Traffico Giornaliero Medio Veicoli Pesanti- TGM - SDF				
	A90	Svincolo 12	Svincolo 13	Svincolo 14	via Tiburtina
	23219	1152	2247	2980	3022
SDR	Traffico Giornaliero Medio Veicoli Leggeri- TGM - SDR				
	A90	Svincolo 12	Svincolo 13	Svincolo 14	via Tiburtina
	648058	-	117914	120186	171914
	Traffico Giornaliero Medio Veicoli Pesanti- TGM - SDR				

	A90	Svincolo 12	Svincolo 13	Svincolo 14	via Tiburtina
	22575	-	2896	2991	5508
SDP I	Traffico Giornaliero Medio Veicoli Leggeri- TGM - SDP I				
	A90	Svincolo 12	Svincolo 13	Svincolo 14	via Tiburtina
	643971	-	106043	113686	171200
	Traffico Giornaliero Medio Veicoli Pesanti- TGM - SDP I				
	A90	Svincolo 12	Svincolo 13	Svincolo 14	via Tiburtina
	22062	-	2390	3144	6155
SDP II base	Traffico Giornaliero Medio Veicoli Leggeri- TGM - SDP II base				
	A90	Svincolo 12	Svincolo 13	Svincolo 14	via Tiburtina
	683129	38857	80986	133314	160172
	Traffico Giornaliero Medio Veicoli Pesanti- TGM - SDP II base				
	A90	Svincolo 12	Svincolo 13	Svincolo 14	via Tiburtina
	24198	1057	2586	3529	5656

A partire dai valori riportati nella tabella precedente, sono stati determinati il traffico giornaliero medio totale e la percentuale di veicoli pesanti i cui valori sono riportati nella tabella seguente.

SCENARIO	TRAFFICO GIORNALIERO MEDIO TOTALE E PERCENTUALE VEICOLI PESANTI									
SDF	Traffico Giornaliero Medio Totale (legg. + pes.) e % pes - SDF									
	A90		Svincolo 12		Svincolo 13		Svincolo 14		via Tiburtina	
	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes
	685161	3%	50137	2%	91403	2%	123495	2%	84579	4%
SDR	Traffico Giornaliero Medio Totale (legg. + pes.) e % pes - SDR									
	A90		Svincolo 12		Svincolo 13		Svincolo 14		via Tiburtina	
	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes
	670633	3%	-	-	120810	2%	123177	2%	177422	3%
SDP I	Traffico Giornaliero Medio Totale (legg. + pes.) e % pes - SDP I									
	A90		Svincolo 12		Svincolo 13		Svincolo 14		via Tiburtina	
	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes
	666033	3%	-	-	108433	2%	116830	3%	177355	3%
SDP II base	Traffico Giornaliero Medio Totale (legg. + pes.) e % pes - SDP II base									

	A90		Svincolo 12		Svincolo 13		Svincolo 14		via Tiburtina	
	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes	TGM	%pes
	707327	3%	39914	3%	83572	3%	136843	3%	165828	3%

8.1 Descrizione dell'infrastruttura stradale

Il progetto di potenziamento del Gra secondo stralcio consiste essenzialmente nella realizzazione di due complanari, una lato carreggiata interna e una lato carreggiata esterna, nel settore compreso tra gli svincoli di Casal Monastero – Tiburtina – Nodo A24.

La lunghezza complessiva dell'intervento è pari a circa 2+870m per la complanare interna e e 2+985m per la complanare esterna.

Rispetto all'attuale progressivazione del Gra-A90 l'intervento di progetto si sviluppa tra le progressive 28+310 e 31+290 circa in direzione nord – sud ossia dallo svincolo di Casal Monastero procedendo verso lo svincolo interconnessione A24. Dal punto di vista funzionale le due complanari di progetto consentono un significativo sgravio delle condizioni di esercizio sul Gra nel settore compreso tra gli svincoli 12 – 13 e 14, raccogliendo e ridistribuendo il traffico della viabilità attualmente afferente al GRA (via Belmonte in Sabina in corrispondenza dello svincolo di Casal Monastero, la strada statale Tiburtina in corrispondenza dello svincolo Tiburtina, l'autostrada A24 in corrispondenza del nodo Gra-A24).

In particolare si segnala che:

- la complanare interna consente di il collegamento diretto (ossia senza impegnare il GRA) tra l'arteria urbana di via Tiburtina e la A24;
- la complanare esterna viceversa consente il collegamento diretto dalla A24 alla via Tiburtina;
- le due complanari agevolano la relazione tra via Tiburtina e il Gra in direzione Nord ossia verso lo svincolo Aurelia – Interconnessione A1.

La connessione tra le due complanari avviene attraverso due rampe d'inversione: la prima (rampa di inversione nord) viene realizzata con il primo stralcio funzionale ed è ubicata nel settore compreso tra svincolo di via Tiburtina e Svincolo di Casal Monastero, la seconda (rampa di inversione sud) viene realizzata con il secondo stralcio funzionale ed è ubicato nel settore compreso tra via Tiburtina e svincolo A24.

La realizzazione dei due cappi di ritorno determina la piena funzionalità della relazione tra l'arteria urbana di via Tiburtina (il cui progetto di ammodernamento prevede la realizzazione 3 corsie per senso di marcia), il GRA e l'autostrada A24.

La progettazione dell'intervento risulta di particolare complessità in ragione dei numerosi vincoli presenti lungo il territorio; i principali sono:

- presenza di edificazioni civili e attività commerciali
- attraversamenti idraulici (fiume Aniene e fosso di Pratalungo)
- infrastrutture e viabilità esistenti (autostrada A24 e relative rampe di connessione, via Tiburtina, via Sabatino Gianni, via Armenise);
- presenza di numerosi sottoservizi.

Le complanari presentano generalmente due corsie da 3,50 m con banchina in destra da 1,25 m ed in sinistra da 0,50 m. In funzione delle interconnessioni delle viabilità complanari, sia con il GRA che con le rampe di svincolo, nonché delle interconnessioni reciproche tra complanari, l’assetto complessivo delle viabilità complanari prevede anche tratti ad una corsia e tratti a tre corsie.

La complanare interna presenta le seguenti relazioni funzionali:

- a) connessione iniziale con via Belmonte in Sabina alla progressiva 28+460 (rampa 1);
- b) connessione provenienza GRA carr. interna: progressiva 28+780 (rampa 2);
- c) connessione complanare - ingresso Gra carreggiata interna: progressiva 29+090 (rampa 3);
- d) connessione rampa di inversione nord – complanare: progressiva 29+410;

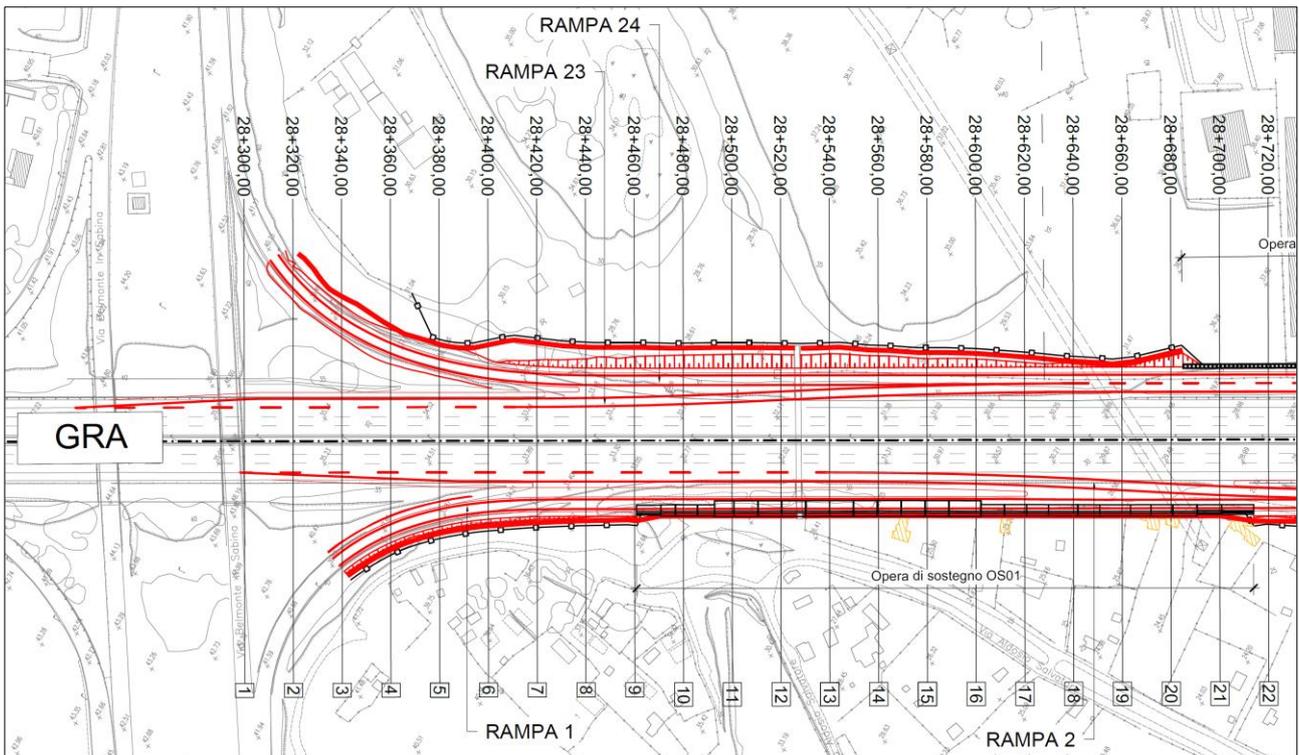


Figura 21 zona svincolo centrale del latte

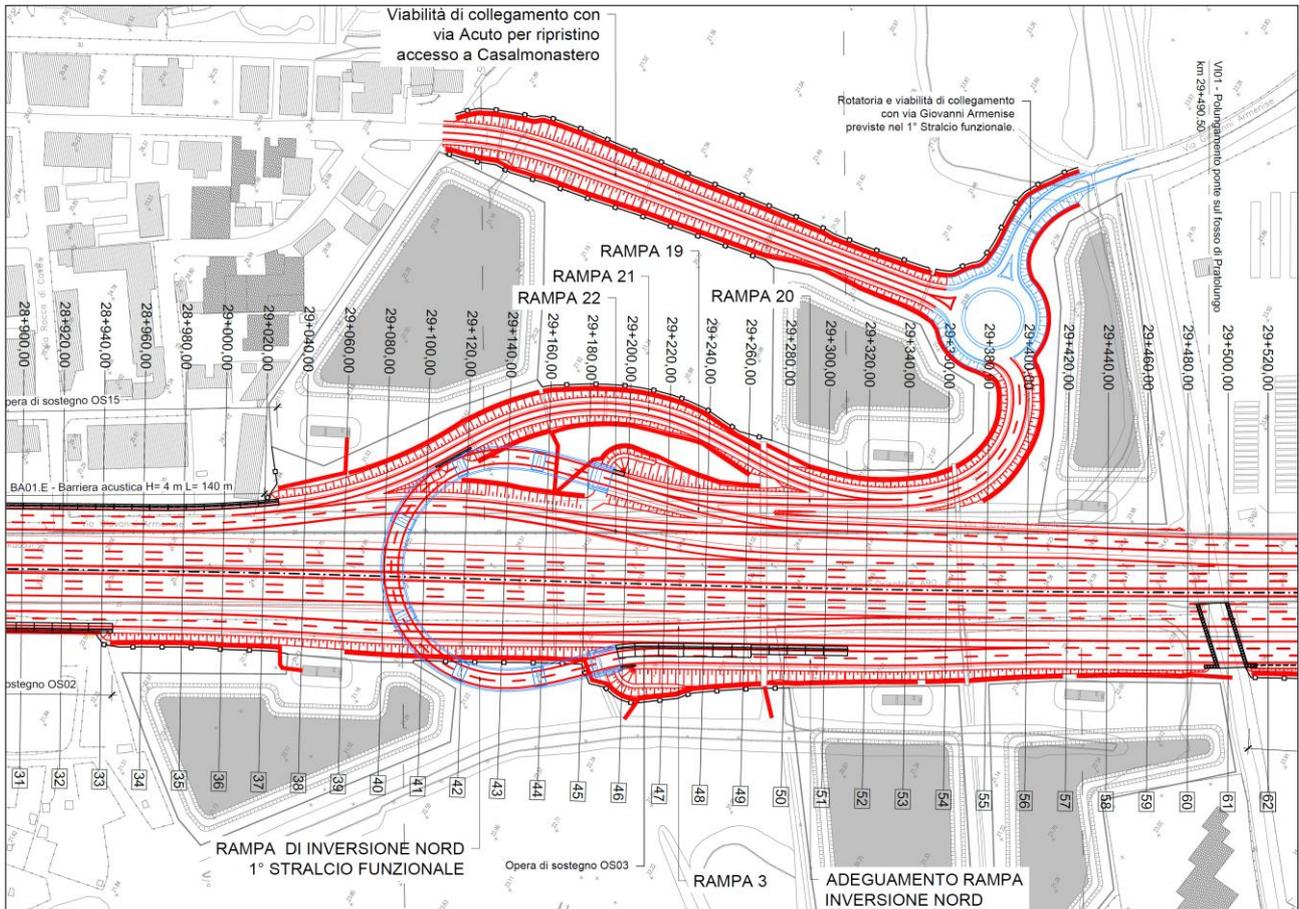


Figura 22 zona Rampa inversione Nord - via Armenise - Fosso Pratolungo

- e) connessione in uscita su via Tiburtina in direzione Roma Centro: progressiva 29+610 (rampa 4);
- f) connessione in uscita su via Tiburtina in direzione Tivoli: progressiva 29+935 (rampa 5);
- g) connessione in ingresso dalla via Tiburtina (dir Tivoli): progressiva 30+005 (rampa 7);
- h) connessione provenienza GRA carr. interna: progressiva 30+110 (rampa 8);
- i) connessione rampa di inversione sud: progressiva 30+750 (rampa 10);
- j) connessione in ingresso su carreggiata interna: progressiva 30+720 (rampa 11);
- k) connessione con rampa di svincolo A24 per le direzioni Roma centro e L'Aquila: progressiva 31+210;

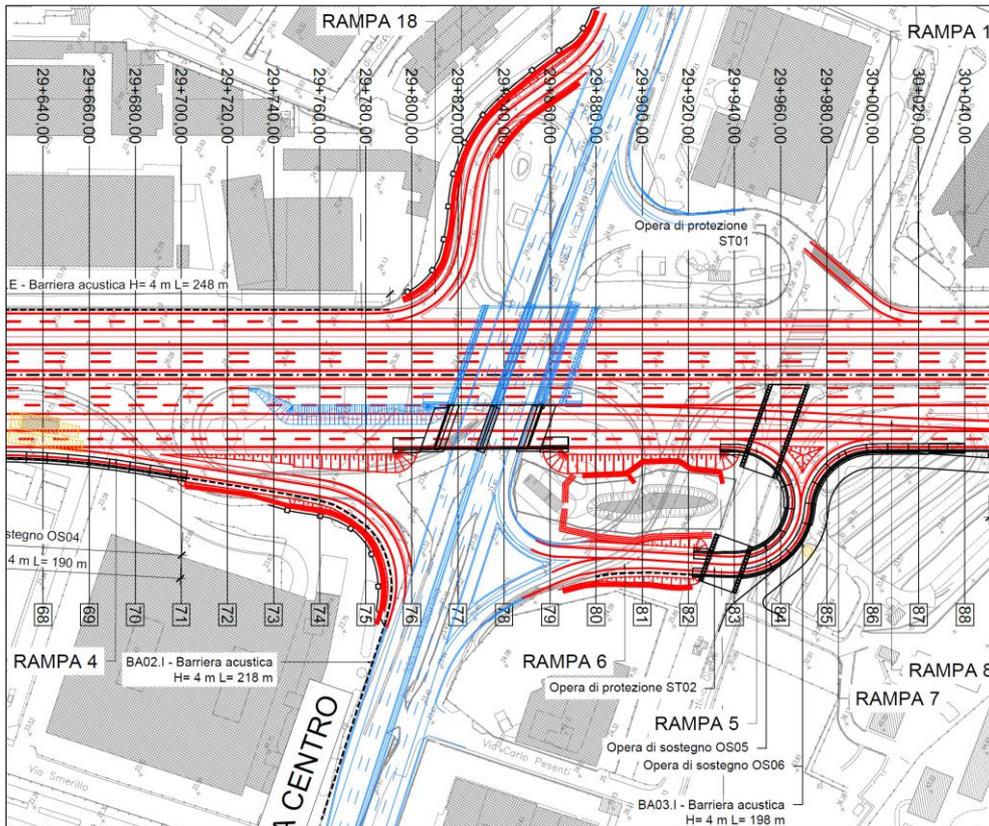


Figura 23 zona svincolo SS Tiburtina

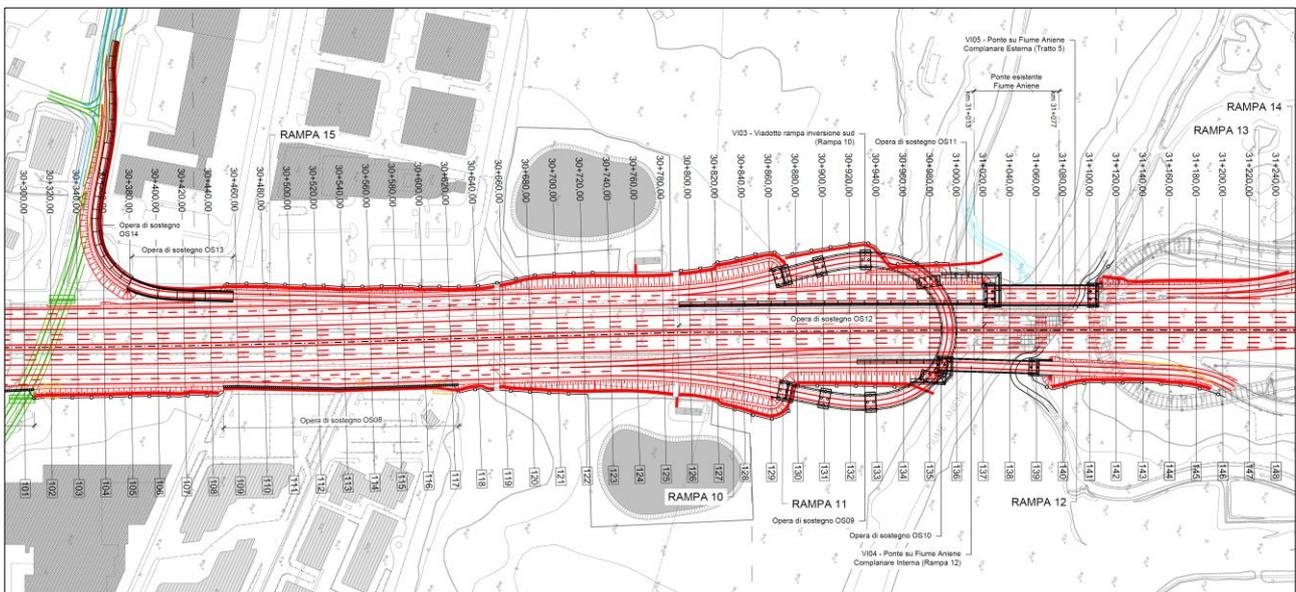


Figura 24 zona Rampa inversione sud

La complanare esterna presenta le seguenti relazioni funzionali:

- l) connessione con le rampe di svincolo A24 in provenienza sia da Roma Centro che da l’Aquila: progressiva 31+290 (Rampa 13 e 14);
- m) connessione con rampa di inversione sud: progressiva 30+790;
- n) connessione in uscita su via Zoe Fontana: progressiva 30+580 (rampa 15)

- o) connessione in uscita su via Tiburtina direzione Tivoli: progressiva 30+020 (rampa 17);
- p) connessione in entrata da via Tiburtina provenienze Tivoli: progressiva 29+780 (rampa 18);
- q) connessione rampa di inversione nord: progressiva 29+320;
- r) connessione con rampa di uscita GRA carr. ester.: progressiva 29+120 (rampa 22);
- s) connessione con rampa di ingresso proveniente da via Armenise: progressiva 29+010 (rampa 21);
- t) connessione in ingresso su GRA carr. ester.: progressiva 28+640 (rampa 23);
- u) connessione con rampa di svincolo Casal Monastero su via Belmonte in Sabina: progressiva 28+310 (rampa 24).

Nel tratto in esame il GRA attualmente presenta 3 corsie + banchina per ciascun senso di marcia; il progetto non prevede la modifica della sezione tipo. Si rende necessaria una deflessione planimetrica del tracciato attuale con spostamento della sede verso Roma centro per un tratto di circa 2.5km. Lo spostamento massimo è nell'ordine dei 12 m in corrispondenza della zona del sottopasso di via Tiburtina.

Lo spostamento del GRA consente di posizionare la complanare esterna sull'attuale sede del raccordo evitando la demolizione delle importanti opere di sostegno attualmente presenti in carreggiata esterna tra le progressive 30+120 e 30+380.

La deflessione viene realizzata con raggi di curvatura molto ampi tali da non necessitare di sopralzi ossia con la possibilità di lasciare la sede a doppia falda come nell'attualità.

Per la riconnessione del territorio si rendono necessarie le seguenti viabilità:

- nuovo collegamento, lato carreggiata esterna, tra via Armenise e via Acuto;
- ridefinizione di via Sabatino Gianni lato carreggiata interna nel tratto immediatamente a sud dell'attuale svincolo di via Tiburtina;
- nuovo collegamento tra via del Luxardo (lato carr. interna) e via Zoe Fontana (lato carr. esterna) con realizzazione di un nuovo cavalcavia in sostituzione di quello esistente (previsto in demolizione) su via Sabatino Gianni alla progressiva 30+300; detto intervento non fa parte del presente progetto.

Nel seguito viene fornita una breve descrizione di ciascun elemento stradale (Adeguamento GRA, viabilità complanari e rampe di svincolo) rimandando alla “Relazione tecnica stradale” per ulteriori dettagli e per gli aspetti tecnici.

8.2 Adeguamento Autostrada A90 (GRA)

8.2.1 Andamento planimetrico

Nell'elaborato P00PS00TRAPT01A è riportata la planimetria di tracciamento con evidenziato l'asse del GRA adeguato. L'intervento di adeguamento si sviluppa dalla progressiva 28+777,50 alla progressiva 31+271,85. In corrispondenza della progressiva iniziale, l'asse del GRA viene deviato tramite una curva circolare di raggio 10250 m. In corrispondenza della progressiva 29+150,44 il tracciato presenta un flesso per poi tornare con andamento rettilineo in corrispondenza della progressiva 29+507,10. A partire da tale progressiva, il tracciato prosegue in rettilineo fino alla progressiva 30+247,13 deviando nuovamente con raggio pari a 10250 m e ripresentando un flesso alla progressiva 30+614,38. Successivamente l'asse torna in rettilineo a partire dalla progressiva 30+971,85 raccordandosi all'asse dell'infrastruttura del GRA esistente. La geometrizzazione dell'intervento di adeguamento del GRA, previsto con mantenimento della sezione trasversale dell'asse autostradale esistente, è avvenuta definendo un asse di tracciamento, coincidente con l'asse della piattaforma stradale, a cui sono state riferite le caratteristiche geometriche plano-altimetriche.

Il riferimento per la rotazione delle carreggiate è stato definito in corrispondenza delle linee di estremità del margine interno, ovvero in corrispondenza delle estremità interne delle carreggiate, con quote coincidenti con le quote dell'asse di tracciamento. Quest'ultimo è stato impostato secondo quote di progetto corrispondenti con l'andamento altimetrico

dell'asse dell'infrastruttura esistente. La successione degli elementi del tracciato è stata definita sulla base delle prescrizioni contenute nelle “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” di cui al D.M. 05/11/2001. In particolare, i parametri degli elementi piano-altimetrici sono stati dimensionati secondo la massima velocità dell'elemento desunta dal diagramma di velocità. Il diagramma di velocità è stato redatto secondo l'intervallo di velocità di progetto (90 ÷ 140) km/h.

Per quanto riguarda le caratteristiche funzionali, è stata adottata una sezione tipo con configurazione coincidente con l'asse autostradale esistente (sezione tipo a carreggiate separate, con 3 corsie per senso di marcia da 3,75 m, corsia di emergenza di 3,50 m e banchina in sinistra da 0,70 m, con spartitraffico pari a 2,60 m, per una larghezza totale della piattaforma stradale pari a 33,50 m).

8.2.2 Andamento altimetrico

Dal punto di vista altimetrico, il GRA nel tratto in adeguamento presenta il profilo rappresentato negli elaborati P00PS00TRAPF01A P00PS00TRAPF02A.

L'andamento altimetrico è caratterizzato da pendenze modeste, con livellette di massima pari a circa 2%. La sezione del GRA si mantiene in rilevato lungo tutto lo sviluppo del tratto oggetto di adeguamento, eccetto in corrispondenza delle interferenze intercettate, in corrispondenza delle quali sono presenti viadotti di scavalco che, a seguito della deviazione dell'asse del GRA, è stato necessario adeguare. Le interferenze intersecate dal tratto di progetto, descritte nei precedenti paragrafi, sono di seguito riepilogate:

- fosso di Pratolungo: progr. 29+490 circa;
- Via Tiburtina (S.S.5): progr. 29+850 circa;
- opere interrato per adduzione idrica: progr. 29+960;
- fiume Aniene: progr. 31+040.

8.3 Viabilità complanari

Le viabilità complanari si configurano come strade di servizio dell'Autostrada A90 (GRA).

Per quanto riguarda le caratteristiche funzionali, è stata adottata una sezione trasversale con carreggiata costituita da corsie (da una fino a tre per senso di marcia) di larghezza pari a 3,50 m con banchina in destra pari a 1,25 m e banchina in sinistra pari a 0,50 m.

In particolare, a partire dalla configurazione base della sezione trasversale, composta da due corsie di marcia con piattaforma di larghezza pari a 8,75 m (0,50 + 3,50 + 3,50 + 1,25), in funzione delle interconnessioni delle viabilità complanari, sia con il GRA che con le rampe di svincolo, l'assetto complessivo delle viabilità complanari prevede anche tratti ad una corsia, con piattaforma di larghezza pari a 5,25 m (0,50 + 3,50 + 1,25) e tratti a tre corsie, con piattaforma di larghezza pari a 2,25 m (0,50 + 3,50 + 3,50 + 1,25).

In tutte le configurazioni di sezione trasversale, le complanari sono separate dall'infrastruttura adeguata del GRA attraverso uno spartitraffico di larghezza minima pari a 2,60 m.

La successione degli elementi del tracciato è stata definita sulla base delle prescrizioni contenute nelle “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” di cui al D.M. 05/11/2001 le quali, in funzione dei vincoli e condizionamenti imposti, sono state integrate con l'adozione di criteri di flessibilità al fine di garantire una progettazione compatibile con il contesto (territoriale e progettuale) nell'ambito del quale si colloca l'intervento. Si evidenzia, infatti, che l'andamento geometrico delle viabilità complanari è stato condizionati da vincoli progettuali derivanti da:

- congruenza con i tratti stradali reciprocamente interconnessi;
- parallelismo all'infrastruttura adeguata del GRA;
- interferenza con infrastrutture esistenti e/o di progetto.

8.3.1 Complanare interna

La complanare interna si sviluppa parallelamente all'asse deviato del GRA, sul lato di Roma centro. Il tracciato quindi occupa un'area di sedime esterna all'attuale GRA, comportando l'esproprio delle aree edificate o destinate a vegetazione presenti a ridosso dell'Autostrada..

Gli elaborati da S01PS00TRAPF01A a S01PS00TRAPF04A evidenziano su cartografia il tracciato della complanare interna e contengono i corrispondenti profili.

Il tracciato della complanare interna comprende 4 tratti così individuati:

tratto 1: compreso tra lo svincolo Centrale del Latte e la rampa di inversione nord prevista dal primo stralcio funzionale del progetto: n. 2 corsie;

tratto 2: compreso tra la rampa di inversione nord suddetta e lo svincolo Tiburtina: n. 3 corsie;

tratto 3: compreso tra lo svincolo Tiburtina e la rampa est prevista dal primo stralcio funzionale del progetto: n. 2 corsie;

tratto 4: compreso tra la rampa est citata e il cavalcavia di ritorno sud previsto dal presente progetto: n. 2 corsie.

Oltre questi 4 tratti principali, sono individuati 2 tratti ad una corsia denominati “*tratto 1-2*” (di collegamento tra il tratto 1 ed il tratto 2) e “*tratto 3-4*” (di collegamento tra il tratto 3 ed il tratto 4).

Ciascun tratto di complanare, caratterizzato da un diverso numero di corsie rispetto ai tratti adiacenti, è analizzato singolarmente ai fini delle verifiche stradali; conseguentemente, la quotatura progressiva della complanare non è continua, ma riparte dallo 0 per ciascun tratto.

Il tratto 1 si sviluppa dalla progressiva 0+000,00 alla 0+505,75, presentando una rotazione con curva di raggio pari a 1.000 m in prossimità del cavalcavia di ritorno lato nord. Dal punto di vista altimetrico il tratto ha una pendenza massima pari a -1.63% che segue l'andamento altimetrico del GRA. Il profilo altimetrico della complanare si sviluppa in parte al di sopra e in parte inferiormente rispetto alle quote del terreno esistente. Conseguentemente tale tratto si sviluppa in parte in trincea e in parte in rilevato.

Il tratto di collegamento 1-2 si sviluppa in rilevato per un'estensione di 130,34 m interamente in rettilineo, con un andamento altimetrico sub-orizzontale.

Il tratto 2 è lungo 698,02 m e si presenta prevalentemente in rettilineo eccetto in corrispondenza delle rampe di collegamento dello svincolo Tiburtina, dove presenta dei tratti in curva di raggio variabile tra 1000 e 1200 m. Alla progressiva 29+500 circa il tratto interseca il fosso di Pratolungo. L'attraversamento del corso d'acqua ha richiesto il prolungamento dell'opera di scavalco esistente.

Dal punto di vista altimetrico il tratto 2 ha un'inclinazione massima pari a 1.99% e si sviluppa interamente in rilevato, eccetto che in corrispondenza delle due opere di scavalco sopra citate. Si nota che nella progettazione del tratto 2 della complanare interna, poiché l'infrastruttura si estende solo a valle del fosso di Pratolungo e non anche a monte, non è stato necessario rispettare il franco idraulico minimo prescritto dalla normativa in area di piena, per cui la livelletta della complanare segue quella dell'Autostrada 90.

Il tratto di collegamento 2-3 ha un'estensione di circa 85 m ed è collocato immediatamente dopo lo svincolo Tiburtina. Tale tratto interferisce con la presenza di un acquedotto che si sviluppa al di sotto e trasversalmente al GRA. Conseguentemente, la realizzazione del tratto 2-3 ha richiesto anche in questo caso il prolungamento e l'adeguamento delle opere realizzate a copertura dell'acquedotto.

I tratti 3 e 4 hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 850 m. Alla progressiva 0+220 circa il tratto 3 intercetta la via Tiburtina. Anche in questo punto quindi, la realizzazione della complanare interna ha richiesto il prolungamento dell'opera di sottopasso esistente. Il tracciato del tratto 4 è inizialmente rettilineo per poi curvare alla progressiva 0+249,2 con raggio minimo pari a 10.225 m. Il profilo segue un andamento in discesa con pendenza massima pari a -1.19%. I tratti 3 e 4 si sviluppano prevalentemente al di sotto della quota di terreno. In particolare a partire dalla progressiva 0+060,00 del tratto 3 e fino alla progressiva 0+220,00 del tratto 4, la sezione della complanare è in trincea e ha richiesto la progettazione di paratie di pali a contenimento del terreno.

8.3.2 Complanare esterna

La complanare esterna si inserisce, eccetto che in corrispondenza del fiume Aniene, lungo l'area di sedime del GRA attuale, lasciata libera a causa del disassamento e adeguamento dell'autostrada, sopra descritto. L'inserimento della complanare esterna, dunque, non provoca ulteriori espropri di suolo, né l'ulteriore prolungamento delle opere di scavalco esistenti e precedentemente citate, né la realizzazione di ulteriori opere di sostegno per la realizzazione di rilevati e trincee. La planimetria di seguito evidenzia su cartografia il tracciato della complanare interna:

Analogamente alla carreggiata interna, il tracciato della complanare esterna comprende 4 tratti, numerati in sequenza a quelli della complanare interna:

tratto 5: compreso tra lo svincolo A24 e la rampa est prevista dal primo stralcio funzionale del progetto: n. 2 corsie;

tratto 6: compreso tra la rampa est suddetta e lo svincolo Tiburtina: n. 2 corsie;

tratto 7: compreso tra lo svincolo Tiburtina e la rampa di inversione nord prevista dal primo stralcio funzionale del progetto: n. 2 corsie;

tratto 8: compreso tra la rampa di inversione nord citata e lo svincolo Centrale del latte n. 2 corsie.

Oltre questi 4 tratti principali, sono individuati 2 tratti ad una corsia denominati “*tratto 6-7*” (di collegamento tra il tratto 6 ed il tratto 7) e “*tratto 7-8*” (di collegamento tra il tratto 7 ed il tratto 8).

Gli elaborati da S02PS00TRAPF01A a S02PS00TRAPF04A sono mostrati planimetria e profilo dei 4 tratti principali.

Il tratto 5 si sviluppa dalla progressiva 0+000,00 alla progressiva 0+694,20 con un andamento dapprima rettilineo e poi lievemente curvilineo con raggio di curvatura minimo pari a 10.224 m.

Tale tratto comprende il nodo di maggiore complessità del progetto di adeguamento oggetto di relazione. Si tratta del nodo in cui il GRA attraversa il fiume Aniene, evidenziato nella seguente immagine. In questo punto infatti si concentrano più interferenze e vincoli che hanno condizionato significativamente il progetto stradale e quello delle opere strutturali, e che hanno richiesto inoltre un approfondimento nello studio dell'impatto sul paesaggio esistente e delle possibili mitigazioni.

L'interferenza principale è rappresentata dal fiume Aniene. Il progetto di potenziamento dell'infrastruttura interviene sia a monte che a valle del fiume: a monte con la complanare esterna, che in questo punto si discosta dall'area di sedime del GRA attuale ed a valle con una rampa di connessione dello svincolo A24. A differenza di quanto illustrato in merito all'attraversamento del Fosso di Pratolungo, dunque, il progetto della complanare esterno è vincolato alle prescrizioni delle NTC 2008 relativamente al franco idraulico di nuove opere di attraversamento di corsi d'acqua.

Dal punto di vista altimetrico il tratto ha una pendenza massima pari a -1.63 che segue l'andamento del GRA. Il profilo altimetrico della complanare si sviluppa in parte al di sopra e in parte inferiormente rispetto alle quote del terreno esistente. Conseguentemente tale tratto si sviluppa in parte in trincea e in parte in rilevato.

I tratti 6 e 6-7 si estendono per circa 820 m e hanno un andamento prevalentemente rettilineo. Dal punto di vista altimetrico tali tratti hanno un'inclinazione massima pari a -2.05% e si sviluppano interamente in rilevato.

I tratti 7 e 7-8 hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 1353 m. Il tracciato è inizialmente rettilineo per poi curvare alla progressiva 0+249,2 con raggio minimo pari a 10225 m. Il profilo segue un andamento discendente con pendenza massima pari a -1.19%.

8.4 Rampe di svincolo

Nell’ambito dell’intervento di potenziamento sono previste rampe di svincolo finalizzate a garantire:

- l’interconnessione delle viabilità complanari con gli svincoli esistenti sul GRA (svincolo “Centrale del Latte”, svincolo “Tiburtina” e svincolo A24);
- il collegamento della complanare esterna con le viabilità esistenti di Via Sabatino e di Via Armenise;
- il collegamento della complanare interna con la complanare esterna.

Analogamente alle viabilità complanari, le rampe di svincolo sono suddivise in “Rampe di svincolo complanare interna” (Rampa 1, Adeguamento Rampa inversione Nord, Rampa 4, Rampa 5, Rampa 6, Rampa 7, Rampa 12 e Rampa 10) e “Rampe di svincolo complanare esterna” (Rampa 13, Rampa 14, Rampa 15, Rampa 17, Rampa 18, Rampa 19, Rampa 20, Rampa 21, Rampa 22, Rampa 24).

8.5 Sezioni tipo

La sezione trasversale dell'Autostrada A90 (GRA) viene mantenuta tal quale dal progetto di potenziamento. La sezione tipo a carreggiate separate presenta 3 corsie per senso di marcia da 3,75 m, corsia di emergenza di 3,50 e banchina in sinistra da 0,70 m. Lo spartitraffico presenta una larghezza di 2,60 m per una larghezza totale della piattaforma stradale pari a 33,50 m.

Per le viabilità complanari è stata adottata una sezione trasversale con carreggiata costituita da corsie (da una fino a tre per senso di marcia) di larghezza pari a 3,50 m con banchina in destra pari a 1,25 m e banchina in sinistra pari a 0,50 m. In particolare, a partire dalla configurazione base della sezione trasversale, composta da due corsie di marcia con piattaforma di larghezza pari a 8,75 m (0,50 + 3,50 + 3,50 + 1,25), in funzione delle interconnessioni delle viabilità complanari, sia con il GRA che con le rampe di svincolo, l'assetto complessivo delle viabilità complanari prevede anche tratti ad una corsia, con piattaforma di larghezza pari a 5,25 m (0,50 + 3,50 + 1,25) e tratti a tre corsie, con piattaforma di larghezza pari a 2,25 m (0,50 + 3,50 + 3,50 + 1,25). In tutte le configurazioni di sezione trasversale, le complanari sono separate dall'infrastruttura adeguata del GRA attraverso uno spartitraffico di larghezza variabile da 2,60 m a 4,50 m.

Allo scopo di garantire un agevole smaltimento delle acque meteoriche, la piattaforma stradale del GRA presenta, per ciascuna carreggiata, un'unica falda inclinata verso l'esterno con pendenza pari a 2,5%, mentre le complanari, le rampe di svincolo e le corsie specializzate di immissione e diversione presentano un'unica falda inclinata verso l'esterno con pendenza variabile.

Le rampe monodirezionali sono con corsie di larghezza pari a 4 m con banchine in destra pari a 1 m. In alcuni casi, in funzione della continuità dei tratti stradali interconnessi, sono state previste corsie di dimensioni inferiori.

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 nello specifico nell'elaborato “SEZIONI TIPOLOGICHE” e nelle specifiche sezioni relative a “ADEGUAMENTO GRA”, “VIABILITA' COMPLANARE INTERNA”, “VIABILITA' COMPLANARE ESTERNA”, “RAMPE COMPLANARE INTERNA”, “RAMPE COMPLANARE ESTERNA”.

8.5.1 Sezione tipo con complanari in rilevato

In funzione delle necessità connesse con l'inserimento delle due viabilità complanari ai lati del GRA disassato, le sezioni tipo in rilevato assumono le seguenti diverse configurazioni:

- sezioni tipo con entrambe le complanari in rilevato privo di opere di sostegno
- sezione tipo con complanari in rilevato e muro di sostegno sulla complanare interna
- sezione tipo con complanari in rilevato e muri di sostegno su entrambe le complanari

Nei tratti in rilevato privo di opere di sostegno, le banchine sono raccordate alle scarpate mediante un elemento di raccordo (arginello), di larghezza di 2,00 m, destinato ad ospitare il dispositivo di ritenuta per la protezione laterale costituito da barriera di sicurezza di classe H3.

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.

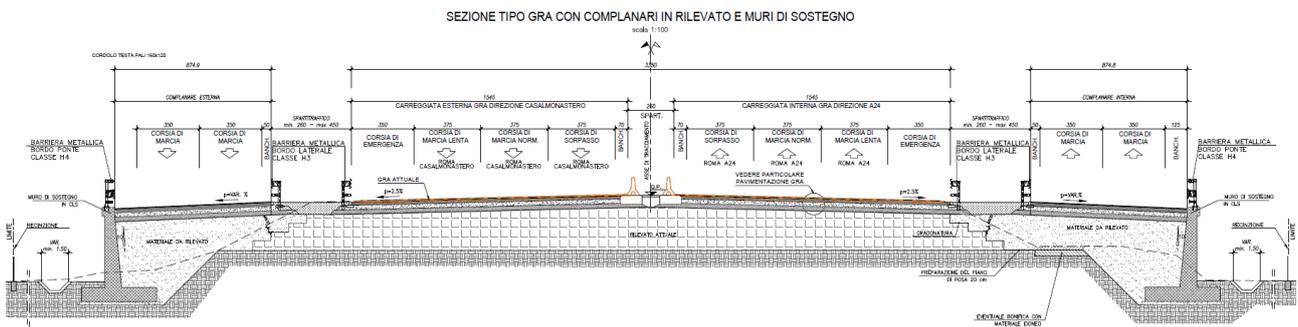
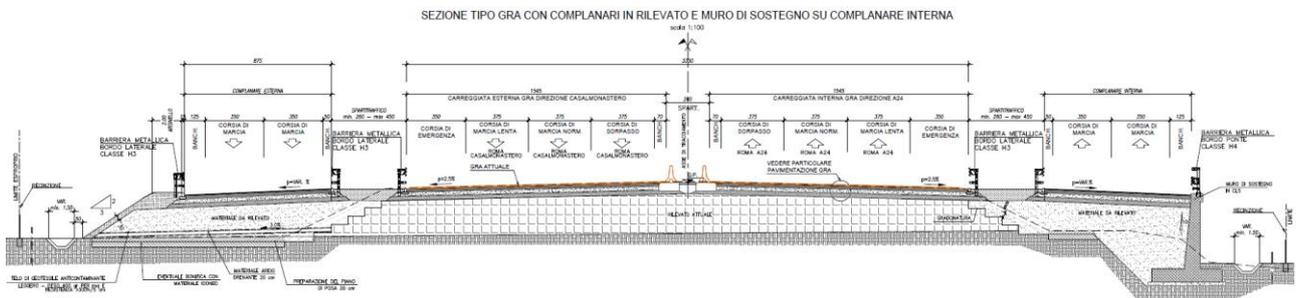
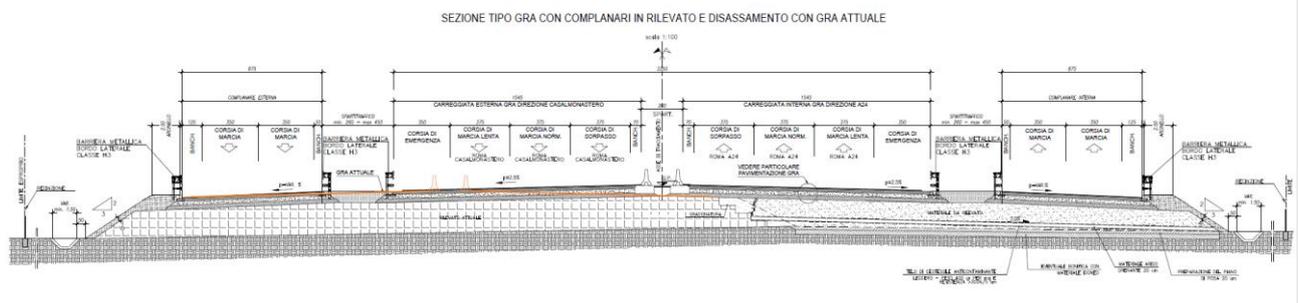
Per la base di appoggio dei rilevati, si prevede l'asportazione dello strato superficiale di terreno vegetale per uno spessore di 20 cm (scotico) e l'eventuale bonifica.

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 anticontaminante leggero.

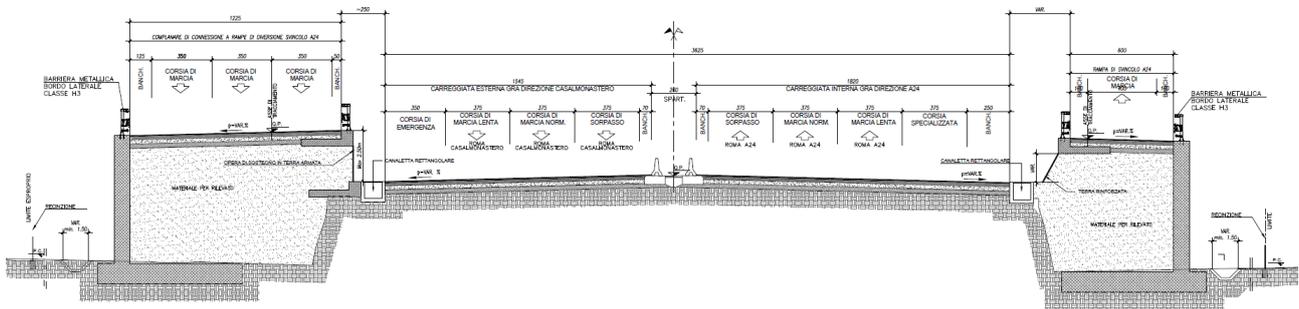
Al piede dei rilevati ad una distanza dal piede della scarpata pari a 0,50 m, si prevede la realizzazione, su entrambi i lati, di fossi di guardia a sezione trapezia per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche afferenti alla piattaforma stradale ed alle scarpate. Oltre i fossi di guardia,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

Le opere di sostegno dei rilevati sono costituite da muri a mensola in cemento armato di altezza variabile, illustrati in dettaglio al paragrafo 9.2.1.

Nelle figure seguenti si riportano le configurazioni di sezioni tipo in rilevato previste in progetto.



SEZIONE TIPO GRA ZONA ANIENE
scala 1:100



8.5.2 Sezione tipo con complanari in in trincea

Di seguito sono descritte le sezioni tipo che prevedono la presenza di almeno una delle due complanari sviluppata in trincea. In dettaglio a tale categoria appartengono le seguenti sezioni tipo:

- sezione tipo con complanare esterna e complanare interna in trincea
- sezione tipo con complanare esterna in rilevato e complanare interna in trincea
- sezione tipo con complanare esterna in trincea e complanare interna in rilevato con muro di sostegno
- sezione tipo con complanare esterna in rilevato con muro di sostegno e complanare interna in trincea

I tratti in trincea sono realizzati

- a scarpa naturale
- con paratie di pali semplici o tirantate

Nei tratti in trincea a scarpa naturale, le banchine sono affiancate da cunette triangolari attraverso cui l'acqua di piattaforma viene convogliata ad un collettore circolare.

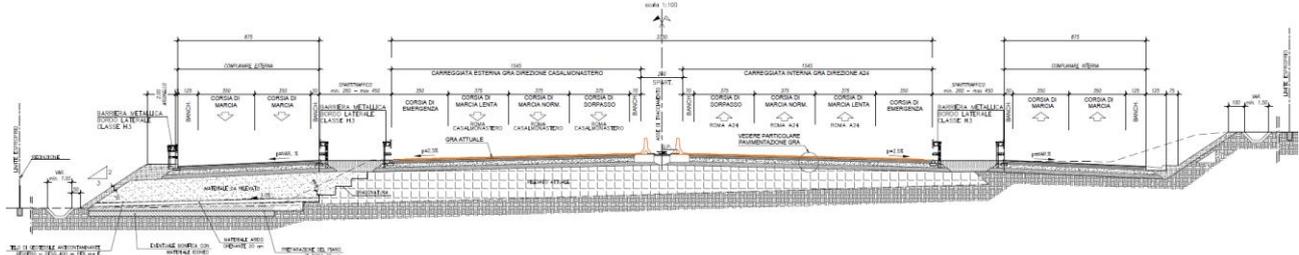
Alle cunette segue un tratto orizzontale, con riempimento in materiale arido, per il raccordo alle scarpate in scavo.

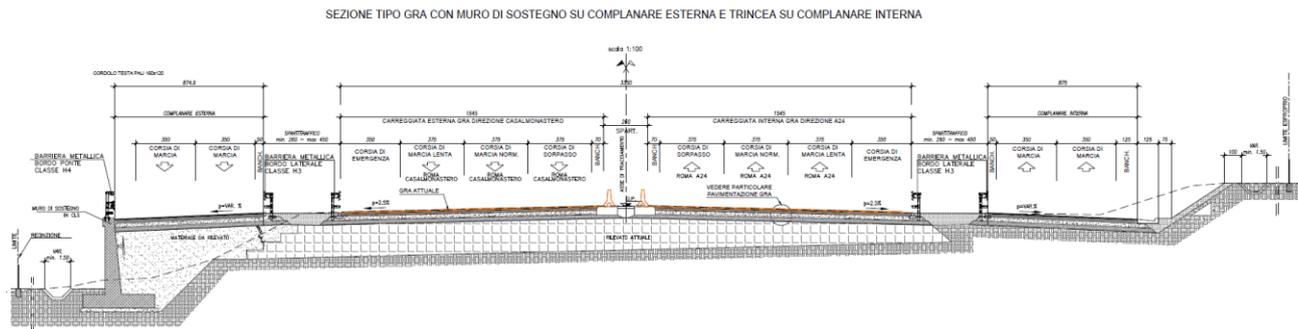
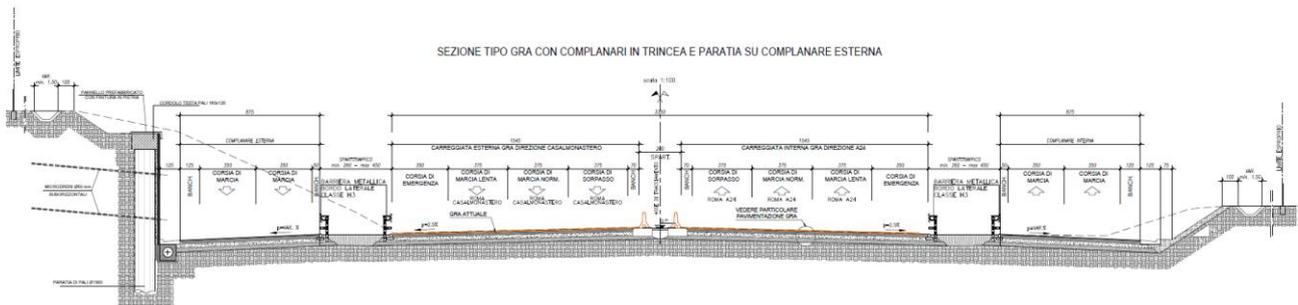
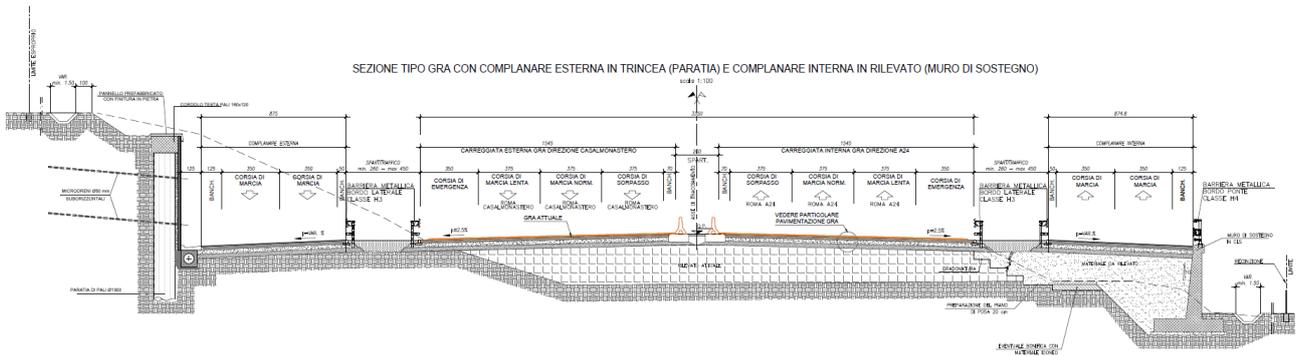
In sommità alle scarpate sono previsti guardia a sezione trapezia per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche afferenti al terreno naturale di monte. A monte dello scavo, ad una distanza variabile dal limite esterno dei fossi di guardia è definito il limite di esproprio.

Le paratie di pali sono costituite da pali di diametro 1300 mm e sono sormontati da un cordolo in cemento armato rivestito con un pannello prefabbricato con finitura in pietra. descritte in dettaglio al paragrafo 9.2.1. Anche nei tratti in trincea con paratie di pali, le banchine sono affiancate da cunette triangolari, di larghezza pari ad 1,25 m, attraverso cui l'acqua di piattaforma viene convogliata ad un collettore circolare. Le paratie di pali sono illustrate nello specifico al paragrafo 9.2.1.

Nelle figure seguenti si riportano le configurazioni di sezioni tipo in trincea previste in progetto.

SEZIONE TIPO GRA CON COMPLANARE IN RILEVATO E IN TRINCEA



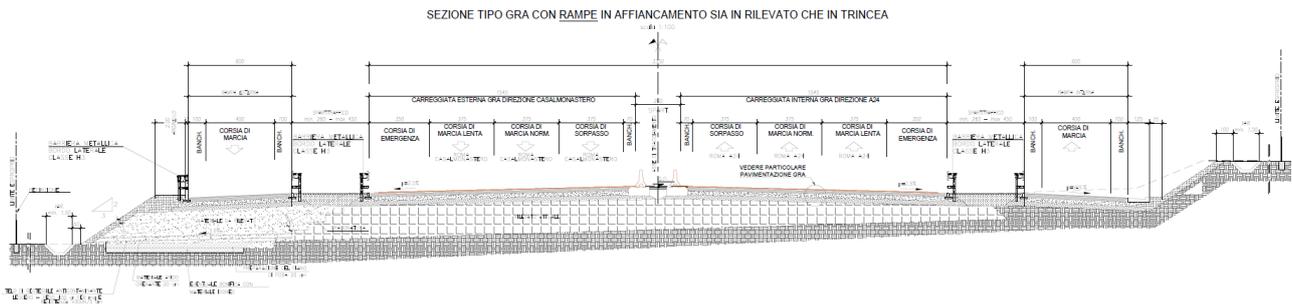
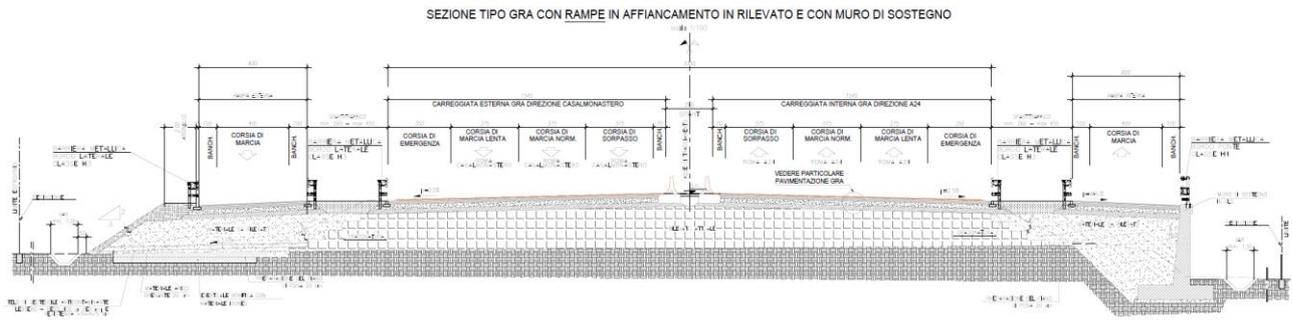


8.5.3 Sezione tipo con rampe in affiancamento

Le sezioni tipo che prevedono il GRA in affiancamento alle rampe di connessione o di svincolo hanno le seguenti due tipologie di configurazione:

- sezione tipo con rampe in affiancamento sia in rilevato che in trincea
- sezione tipo con rampe in affiancamento in rilevato e con muro di sostegno

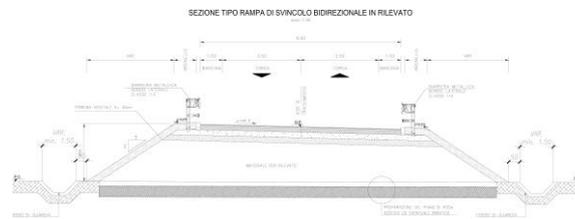
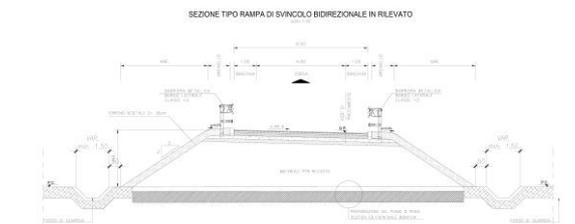
I rilevati, le trincee e le opere di sostegno previste per tali configurazioni tipo hanno le stesse caratteristiche illustrate sopra con riferimento alle complanari.



8.5.4 Sezione tipo rampe di svincolo

Le rampe di svincolo che non sono in affiancamento al GRA si sviluppano in rilevato. Di seguito sono illustrate le sezioni tipo delle rampe di svincolo. In dettaglio si distinguono tre tipologie di sezione:

- sezione tipo rampa di svincolo monodirezionale in rilevato;
- sezione tipo rampa di svincolo bidirezionale in rilevato;
- sezione tipo rampa di svincolo monodirezionale a due corsie in rilevato.



8.6 Sovrastruttura stradale, dispositivi stradali di ritenuta e segnaletica stradale

Per la **sovrastuttura stradale** sono previste le seguenti configurazioni:

Adeguamento Autostrada A90 (GRA)

- usura in conglomerato bituminoso drenante: 5 cm;
- collegamento (binder) in conglomerato bituminoso: 5 cm;
- base in conglomerato bituminoso: 15 cm;
- fondazione in misto cementato: 25 cm;
- fondazione in misto granulare: 25 cm.

Rampe e Viabilità complanari

- usura in conglomerato bituminoso: 4 cm;
- collegamento (binder) in conglomerato bituminoso: 6 cm;
- base in conglomerato bituminoso: 25 cm;
- fondazione in misto granulare: 15 cm.

Collegamento Via Acuto

- usura in conglomerato bituminoso: 5 cm;
- collegamento (binder) in conglomerato bituminoso: 5 cm;
- base in conglomerato bituminoso: 8 cm;
- fondazione in misto granulare: 15 cm.

Per quanto riguarda i dispositivi stradali di ritenuta sono state previste le seguenti barriere longitudinali:

- Barriera metallica classe H3 bordo laterale;
- Barriera metallica classe H4 bordo ponte;
- Barriera “New-Jersey” spartitraffico bifilare classe H4.

In corrispondenza dei muri di sostegno è prevista l’installazione di barriere bordo ponte di classe H3. Lungo i tratti di complanare esterna in adeguamento in sede del GRA con protezioni esistenti costituite da profilo redirettivo (lato destro carreggiata esterna GRA esistente), a protezione di opere di sostegno esistenti di controripa, si prevede in progetto analoga protezione.

Per la protezione di margini del tratto stradale relativo alla viabilità di collegamento con Via Acuto e lungo i margini della Rotatoria Via Armenise, sono state previste barriere di sicurezza bordo laterale di classe H2.

E’stata prevista l’installazione di attenuatori d’urto frontali redirettivi in corrispondenza delle cuspidi delle corsie di uscita dal GRA (classe 100) ed in corrispondenza delle cuspidi individuate dalle diramazioni delle rampe di svincolo, dalle diramazioni delle complanari e dalle diramazioni tra rampe di e viabilità complanari (classe 50).

Per quanto riguarda la **segnaletica stradale**, 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”.

Per i dettagli relativi alla sovrastruttura stradale, ai dispositivi stradali di ritenuta ed alla segnaletica stradale si rimanda alla “Relazione tecnica stradale” ed agli specifici elaborati grafici.

9 OPERE D'ARTE

Il potenziamento dell'infrastruttura stradale nel tratto di progetto ha richiesto la realizzazione delle seguenti opere d'arte maggiori:

- Prolungamento lato carreggiata interna del ponte sul fosso di Pratolungo
- Prolungamento lato carreggiata interna del sovrappasso di Via Tiburtina
- Prolungamento lato carreggiata interna del ponte sul fascio tubiero in prossimità dello svincolo Tiburtina
- Realizzazione del viadotto “Rampa di inversione sud”
- Realizzazione del ponte sul fiume Aniene per lo scavalco della complanare interna
- Realizzazione del ponte sul fiume Aniene per lo scavalco della complanare esterna

Al fine del contenimento della sede e degli espropri lungo lo sviluppo delle due complanari sono previste inoltre numerose opere minori di sostegno realizzate con muri di sostegno a mensola e con paratie di pali di grande diametro a seconda delle specifiche esigenze.

9.1 Opere d'arte maggiori

9.1.1 Prolungamento del sottopasso di via Tiburtina

In corrispondenza dello svincolo Tiburtina risulta necessario allargare l'opera di scavalco di circa 20 m. Già nel progetto del I stralcio funzionale di adeguamento dello svincolo Tiburtina si prevede la demolizione dell'opera di scavalco esistente e la ricostruzione dell'opera di scavalco con una struttura mista acciaio calcestruzzo di lunghezza complessiva pari a 36 m e larghezza totale pari a 46 m. Il progetto del secondo stralcio funzionale, oggetto della presente relazione, si pone in continuità con l'opera prevista dal I stralcio prevedendo l'allargamento della stessa di circa 20 metri dal lato della carreggiata interna, adottando la medesima soluzione strutturale.

L'impalcato è realizzato con struttura mista acciaio-clacestruzzo e presenta una schema statico di trave continua su 3 appoggi, con campate di luce pari a 19.10 m, valutata nella direzione delle travi.

L'orditura dell'impalcato è definita da travi longitudinali HEB600 poste ad interasse di 50 cm e connesse all'intradosso, a travi trasversali realizzate con profili HEB400 in corrispondenza delle spalle e con un profilo HEM400 sulla pila. Gli apparecchi di appoggio, costituiti da isolatori elastomerici posizionati sia sulla pila, che sulle spalle, sono collegati alle travi trasversali.

La soletta, di spessore pari a 30 cm, è gettata sulle travi longitudinali. Ai bordi dell'impalcato sono presenti apposite barriere di protezione. Il pacchetto di pavimentazione presenta una sagomatura “a schiena d'asino”, con spessori variabili dai circa 95 cm della parte centrale, ai circa 25 cm delle zone di estremità.

Le travi longitudinali sono fissate al di sopra delle travi trasversali, mediante unioni bullonate.

L'impalcato, nel suo complesso, si comporta come un insieme di travi con schema statico longitudinale di trave continua su 2 campate. Si evidenzia che, successivamente al getto della soletta e, prima del completamento dell'impalcato, si applicherà alla struttura, in corrispondenza dell'appoggio centrale, una distorsione di 12 cm, allo scopo di precomprimere la soletta, ed apportando, in tal modo, un miglioramento alle prestazioni dell'opera nel tempo, in termini di durabilità.

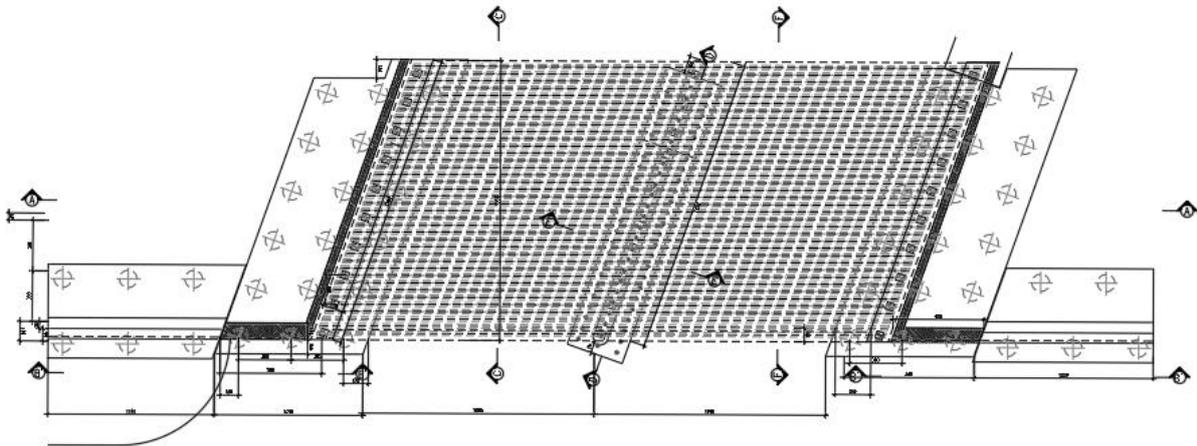


Figura 25: Pianta impalcato STRALCIO 2

La pila presenta un fusto di altezza pari a 5.15 m, con sezione trasversale allungata, di spessore pari ad 1.0 m, ed è fondata su un plinto di spessore pari ad 1.50 m, che presenta, al di sotto, dei micropali $\Phi 300$. Gli apparecchi di appoggio sono collocati in asse con la pila.

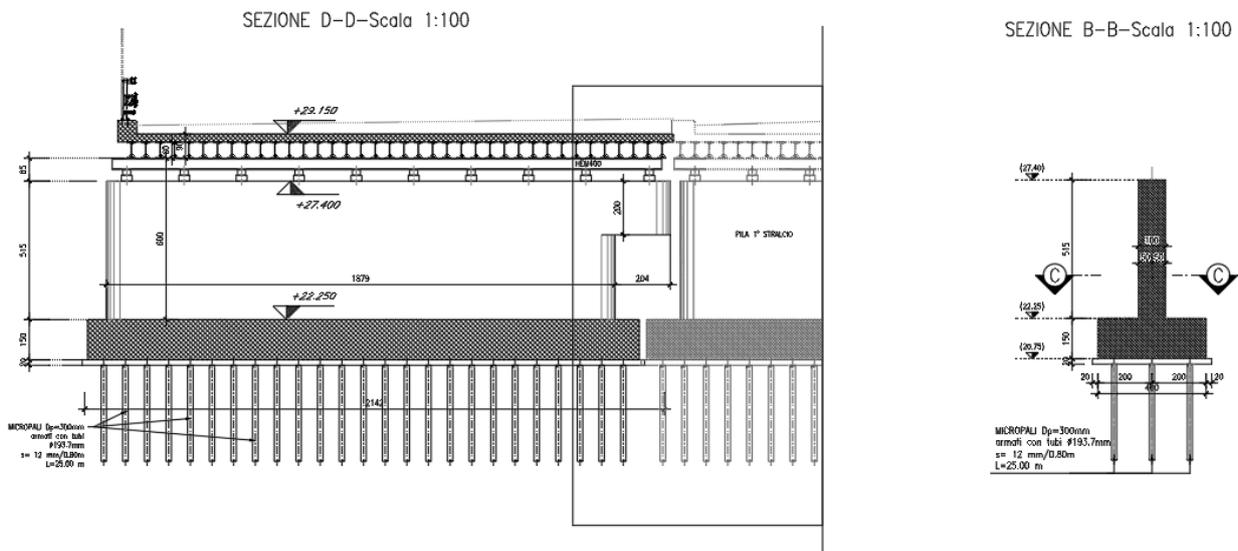


Figura 1 - Pila

La spalla S1, presenta un muro frontale di altezza pari a 5.60 m e spessore pari a 140 cm ed un muro paraghiaia di altezza pari a 140 cm e spessore pari a 50 cm; anche questa è fondata su un plinto di spessore pari a 150 cm, che presenta al di sotto, una paratia di pali $\Phi 1200$.

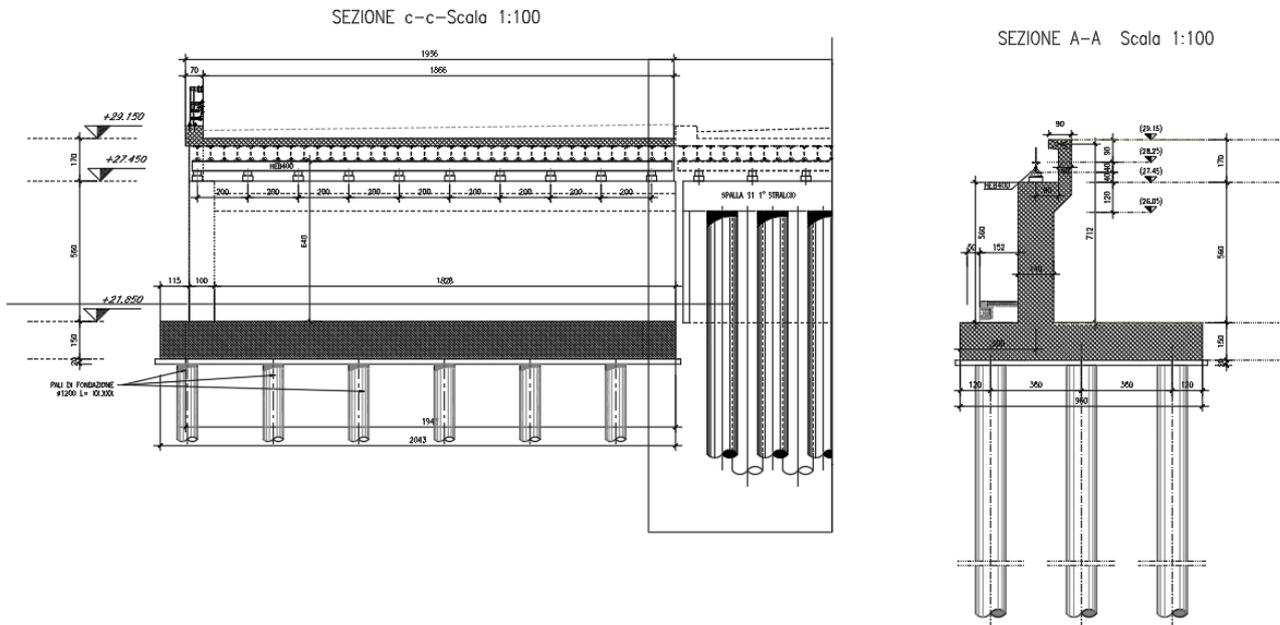


Figura 2 – Spalla S1

La spalla S2, in analogia con quanto precedentemente esposto, presenta un muro frontale di altezza pari a 5.60 m e spessore pari a 140 cm ed un muro paraghiaia di altezza pari a 140 cm e spessore pari a 50 cm; anche questa è fondata su un plinto di spessore pari a 150 cm, che presenta al di sotto, una paratia di pali $\Phi 1200$.

9.1.2 Prolungamento ponte sul fosso di Pratolungo

Il prolungamento del ponte sul Fosso di Pratolungo si rende necessario al fine di consentire l’attraversamento del corso d’acqua lungo la nuova posizione della carreggiata interna del GRA e lungo la complanare interna. Complessivamente l’allargamento dell’opera si estende per circa 32 m. L’opera di scavalco esistente, costituita da una struttura scatolare in cemento armato, viene affiancata da un solettone in cemento armato gettato su travi prefabbricate.

9.1.3 Viadotto Aniene carreggiata interna

L’opera di scavalco del fiume Aniene sulla complanare esterna è rappresentata in pianta e sezioni nella seguente Figura 26.

Il ponte si sviluppa in rettilineo ed è costituito da un’unica campata con luce in asse appoggi pari a 69 m.

La sezione trasversale dell’impalcato presenta una larghezza complessiva di 10.00 m con cordoli di ampiezza variabile tra 1.15 e 1.45 sull’altro. La pavimentazione ha ampiezza pari a 6.00 m.

L’impalcato è costituito da una struttura in acciaio con travi estradossate. Le due travi longitudinali sono travi reticolari di altezza pari a 5.50 m. I correnti superiori e inferiori della reticolare sono costituiti da scatolari di altezza pari rispettivamente a 0.90 m e 1.80 m, aventi spessore 0.70 m, mentre gli elementi diagonali sono anch’essi elementi scatolari di dimensioni pari a 0.60x0.70.

La carpenteria principale è completata da trasversi intermedi aventi sezione ad “I” con altezza complessiva pari ad 0.90 m. Sui traversi viene realizzata la soletta in calcestruzzo, di altezza pari a 0.2m.

La struttura in acciaio è prevista realizzata interamente con collegamenti saldati.

Ai bordi dell’impalcato sono presenti cordoli di larghezza variabile con barriere di protezione compatibili con gli spazi disponibili e idonei a contenere i veicoli in svio senza interferenza con la struttura di acciaio.

Gli apparecchi di appoggio sono costituiti da isolatori elastomerici posizionati sulle spalle dell’impalcato.

La spalla S01, analogamente alle spalle del ponte precedentemente illustrato, presenta un plinto di fondazione di altezza pari a 2 metri, larghezza pari a 7.50 m e lunghezza pari a circa 12.30 m, su pali di fondazione di diametro pari a 1500 mm.

Il muro paraghiaia ha un’altezza pari a 2.40 cm e spessore pari a 50 cm.

La spalla S02 presenta invece un muro frontale di dimensioni pari a 3.70x12.30 m, che poggia su un plinto di fondazione uguale a quello relativo alla spalla S01.

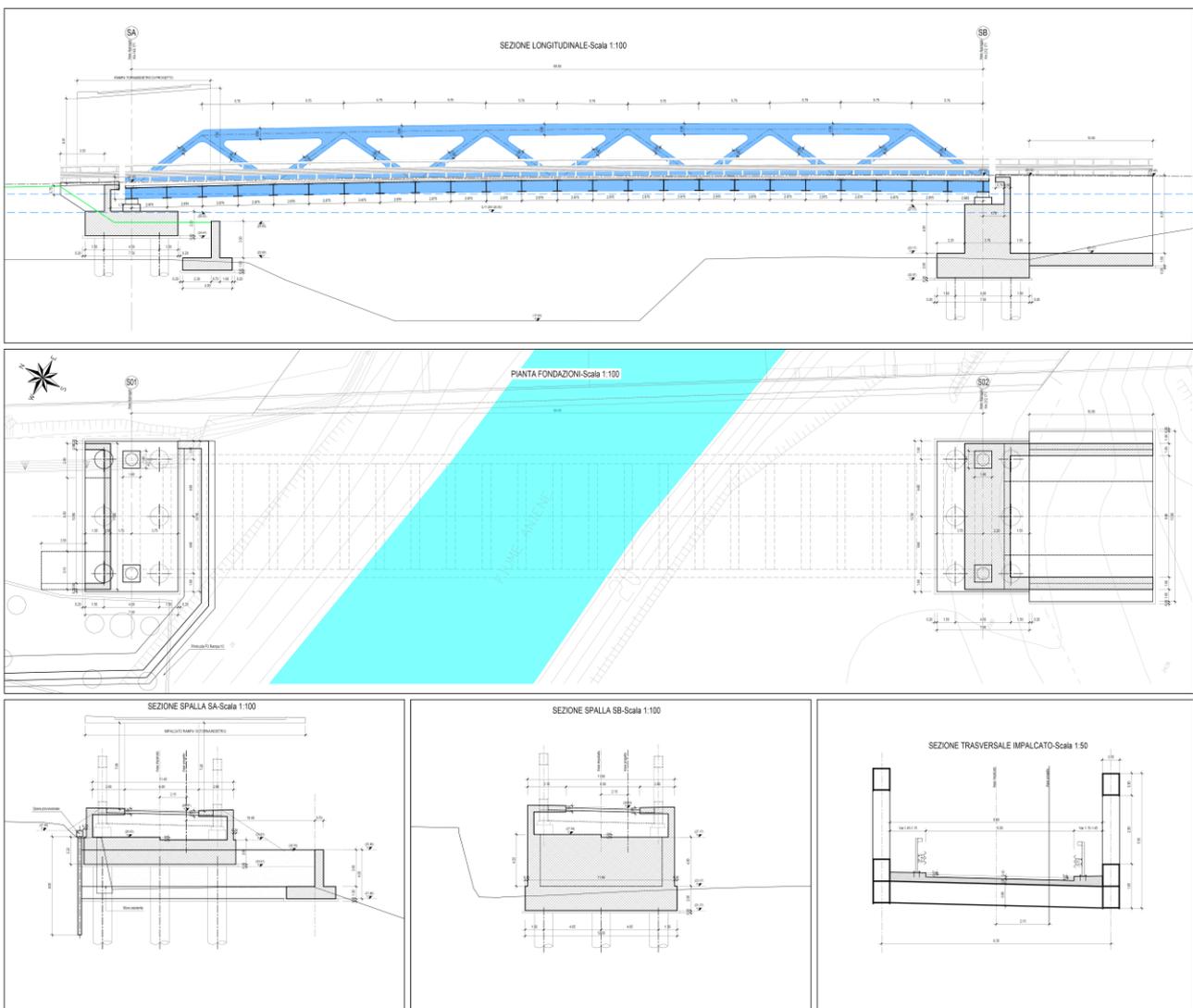


Figura 26: Ponte sul fiume Aniene per lo scavalco della complanare interna

Il varo del ponte avviene secondo le fasi realizzative rappresentate nella seguente Figura 27. La prima fase prevede la realizzazione delle due spalle e dei relativi rilevati. Successivamente, a tergo del rilevato della spalla 2, si prevede di realizzare l’impalcato del viadotto. Parallelamente è previsto il posizionamento di 2 castelletti provvisori tra le due spalle per il sostegno dell’impalcato in fase di avanzamento. Nella terza fase comincia l’avanzamento dell’impalcato con varo di punta. L’impalcato viene posizionato inizialmente sulla spalla S2 e sul castello provvisorio n°1. Successivamente, nella quarta fase, l’impalcato viene fatto avanzare sul castello n°2. Infine la quinta fase consiste nel varo dell’impalcato nella posizione definitiva, mediante calaggio sugli appoggi della spalla S1 ed S2.

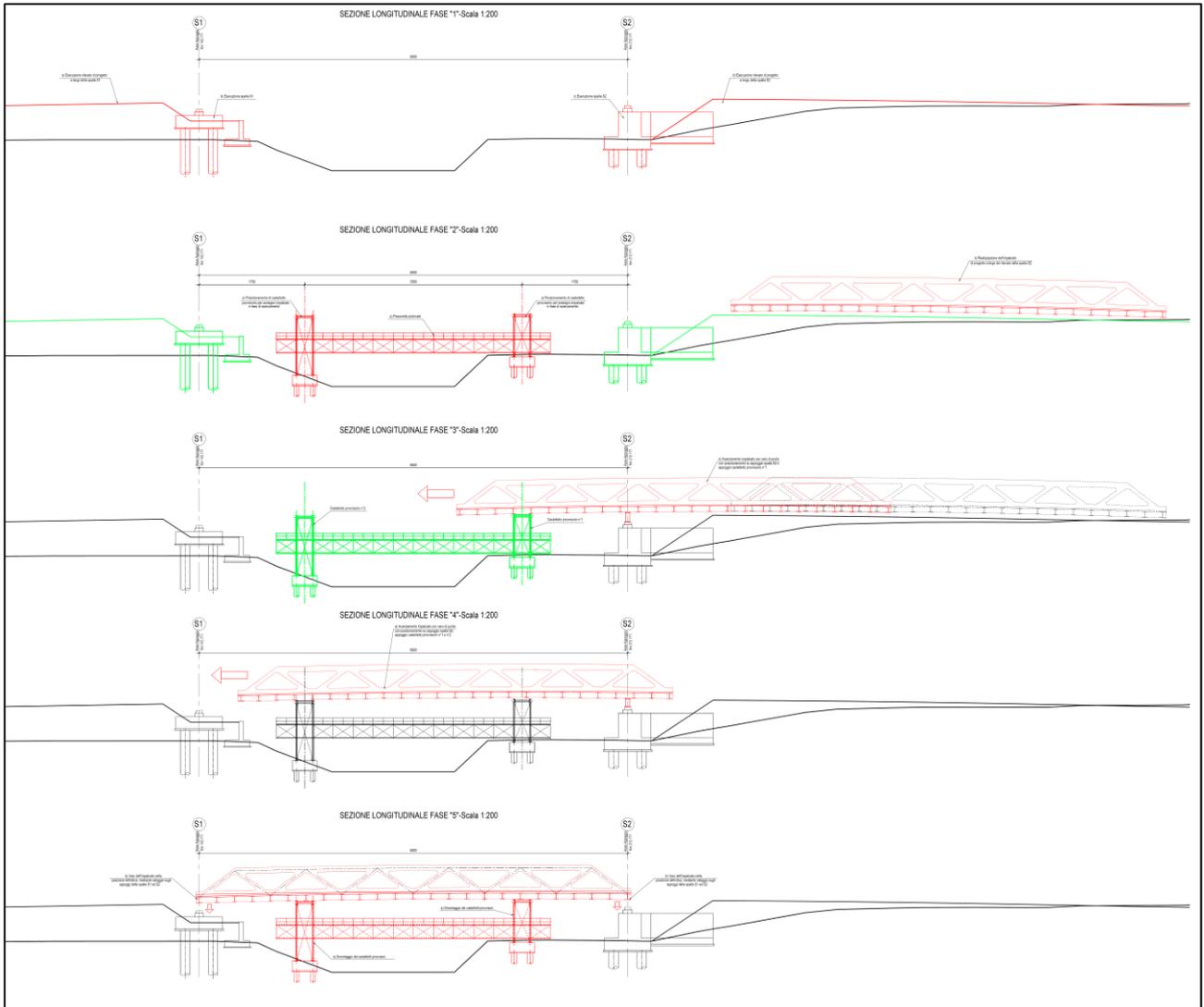


Figura 27: Fasi realizzative del ponte sull’Aniene carreggiata interna

9.1.4 Viadotto Aniene carreggiata esterna

L’opera di scavalco del fiume Aniene sulla complanare esterna è rappresentata in pianta e sezioni nella seguente Figura 28.

Il ponte si sviluppa in rettilineo ed è costituito da un’unica campata con luce in asse appoggi pari a 78 m.

La sezione trasversale dell’impalcato presenta una larghezza complessiva di 15.65 m con cordoli di ampiezza 1.00 m per lato e pavimentazione di ampiezza pari a 12.25m.

L'impalcato è costituito da una struttura in acciaio con travi reticolari estradossate. Le due travi longitudinali sono travi reticolari di altezza pari a 6.2 m. I correnti superiori e inferiori della reticolare sono costituiti da scatolari di altezza pari rispettivamente a 1 m e 2 m aventi spessore 0.70 m, mentre gli elementi diagonali sono anch'essi elementi scatolari di dimensioni pari a 0.70x0.70.

Si sottolinea che la scelta di utilizzare travi estradossate è dovuta alla necessità di rispettare il franco idraulico di 1.50 m prescritto al paragrafo 5.1.2.3 delle NTC 2018.

La carpenteria principale è completata da trasversi intermedi aventi sezione ad “I” con altezza complessiva pari ad 1.0 m. Sui trasversi viene realizzata la soletta in calcestruzzo, di altezza pari a 0.2m.

La struttura in acciaio è prevista realizzata interamente con collegamenti saldati.

Ai bordi dell'impalcato sono presenti cordoli di larghezza 1 m con barriere di protezione compatibili con gli spazi disponibili e idonei a contenere i veicoli in svio senza interferenza con la struttura di acciaio.

Gli apparecchi di appoggio sono costituiti da isolatori elastomerici posizionati sulle spalle dell'impalcato.

Le spalle presentano plinti di fondazione di altezza pari a 2 metri, larghezza pari a 7.50 m e lunghezza pari a circa 18 m.

Ai plinti sono connessi i pali di fondazione di diametro pari a 1500 mm.

Il muro paraghiaia ha un'altezza pari a 2.50 m e spessore pari a 50 cm.

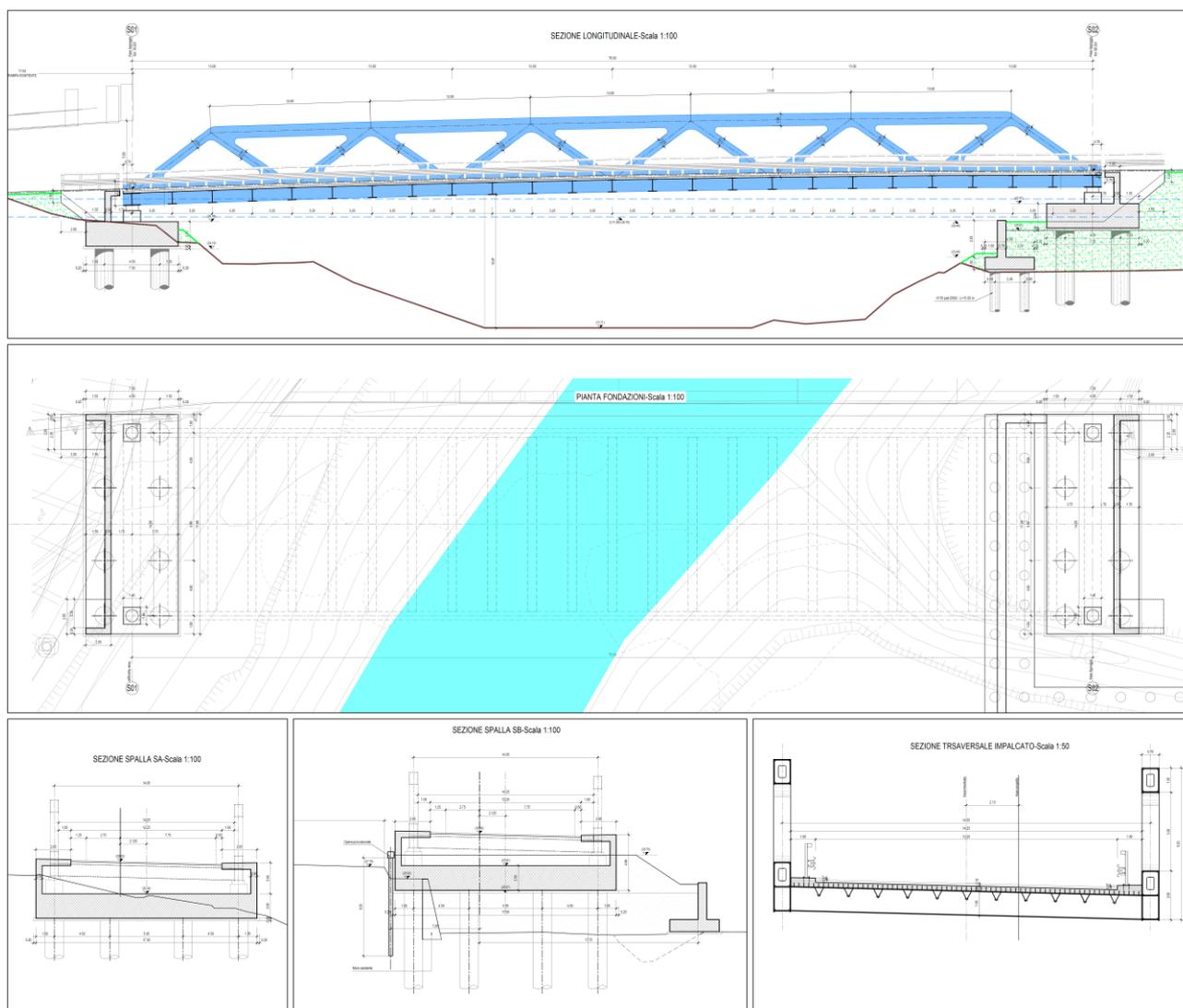


Figura 28: Ponte sul fiume Aniene per lo scavalco della complanare esterna

9.1.5 Cavalcavia rampa inversione sud

L'opera di scavalco della sede del GRA sulla rampa di inversione sud ha una lunghezza complessiva di circa 315 m e si sviluppa con un raggio planimetrico minimo di 51 m. In Figura 29 è rappresentata la pianta delle fondazioni del viadotto. Esso è costituito da 7 campate di luce variabile: le campate di riva hanno luce pari a circa 27 m; le campate successive hanno luce pari a circa 36 m; le campate poste ai lati della campata di scavalco del GRA hanno luce pari a 60 m; la campata di scavalco del GRA ha luce pari a circa 78 metri.

Al fine di realizzare un'opera il più possibile compatibile con il contesto architettonico esistente, il viadotto è stato progettato in analogia a quello della rampa di inversione sullo svincolo A24. Analogamente a quest'ultimo, l'impalcato del viadotto "Rampa di inversione sud" è costituito da una struttura in acciaio con travi estradossate. In Figura 30 e Figura 31 sono rappresentate le sviluppate delle travi, rispettivamente esterna e interna.

Le due travi principali estradossate hanno sezione a I di altezza variabile. Più precisamente sulle prime e sulle ultime due campate del viadotto l'altezza delle travi è pari a 3.00 m; in corrispondenza delle campate poste ai lati della campata di

scavalco l'altezza delle travi varia da 3.00 a 4.00; in corrispondenza della campata di scavalco l'altezza delle travi è costante e pari a 4.00 m.

La struttura metallica segue l'andamento curvilineo della viabilità e presenta un andamento rettilineo per tratti di ampiezza corrispondente ai conci in cui sono divise le travi principali. Lo spartito delle travi interna e esterna è rappresentato in Figura 30 e Figura 31. I conci della trave interna hanno lunghezza variabile da 7.68 m in mezzeria a 11.34 m sulle campate di riva, mentre i conci della trave esterna hanno lunghezza variabile da 9.74 m in mezzeria a 11.40 m sulle campate di riva.

Le sottostrutture del viadotto comprendono sei pile e due spalle.

Le pile sono costituite da due fusti con sezione circolare di diametro pari a 2.00 m. Le fondazioni delle pile sono costituite da plinti su pali D=1500 mm con lunghezze comprese tra 30 e 45 m. I plinti, spessi 2.00 m, hanno generalmente dimensioni pari a 14.80x7.90 m. Fanno eccezione i plinti della campata di scavalco del GRA, ossia corrispondenti alla pila 3 e alla pila 4. In particolare il plinto della pila 3 interferisce con il plinto della pila del ponte sull'Aniene carreggiata interna (Figura 29). Conseguentemente il plinto della pila 3 ha una forma irregolare definita da un poligono a 6 lati. Dall'altro lato, il plinto della pila 4 presenta una sezione più allungata rispetto ai restanti plinti e precisamente pari a 17.50x7.50 al fine di abbracciare entrambi i fusti della pila 4 che sono posti diagonalmente rispetto all'asse del viadotto. Infine le spalle sono costituite da strutture scatolari composte dal muro frontale, dai muri andatori, dal muro paraghiaia e dal plinto di fondazione su pali D= 1500 mm della lunghezza di 40 m. I plinti delle spalle hanno dimensioni planimetriche pari a 12.00x14.80 m.



Figura 29: Viadotto “Rampa di inversione sud”: pianta delle fondazioni

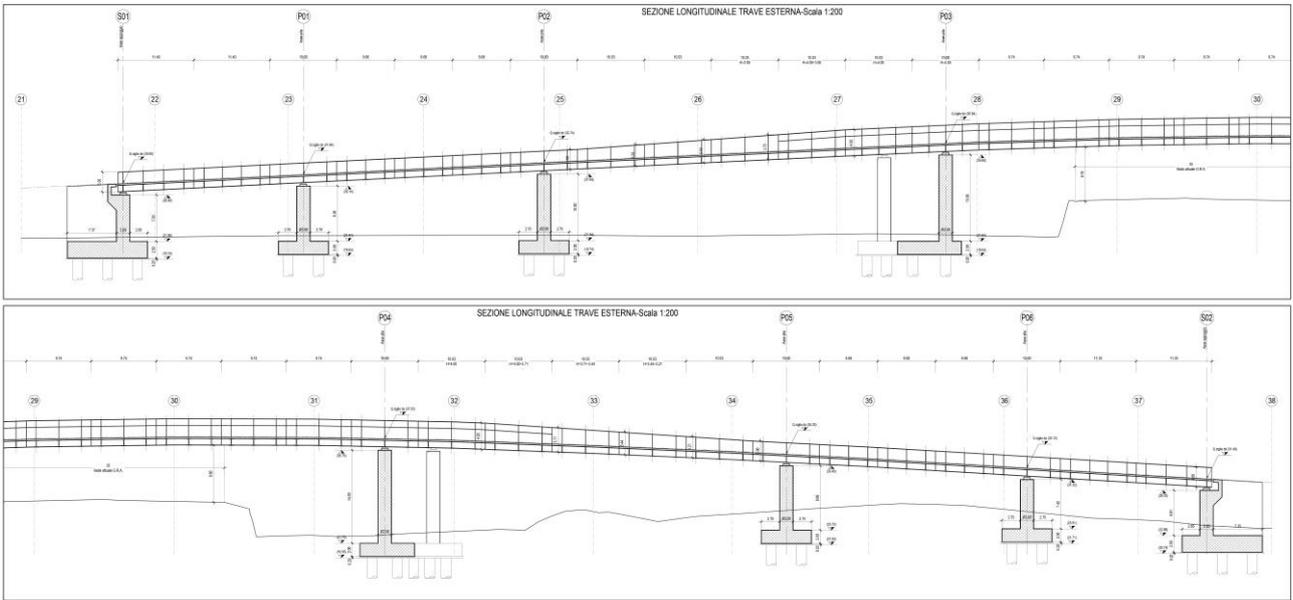


Figura 30: Viadotto “Rampa di inversione sud”: sezione longitudinale trave esterna

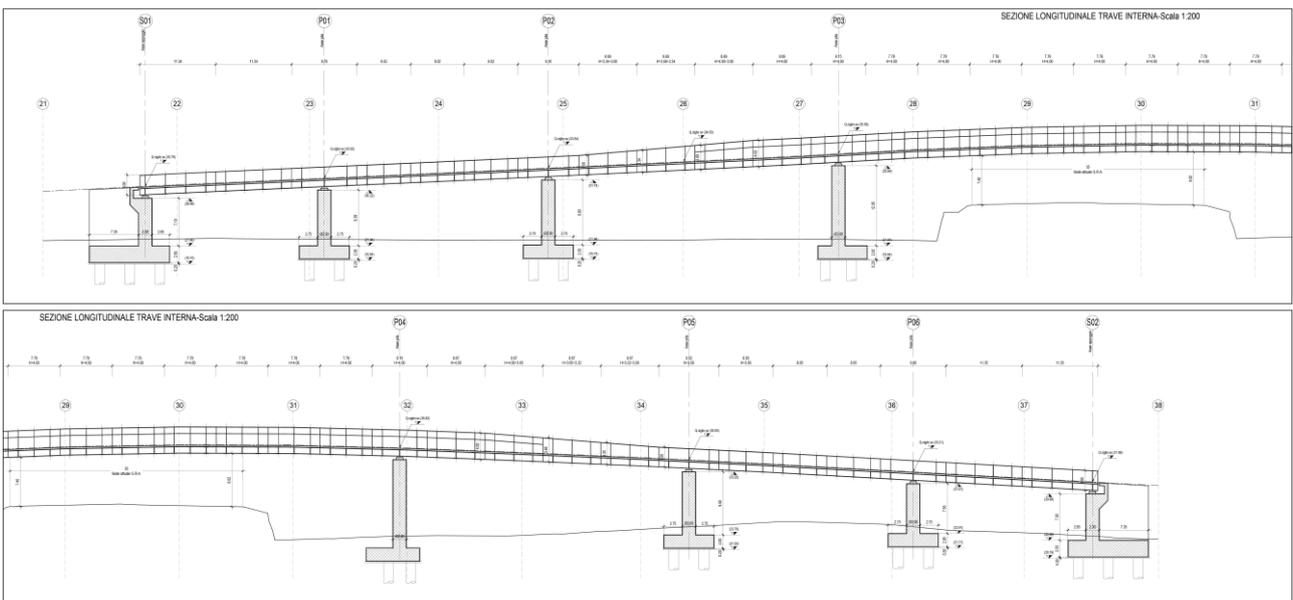


Figura 31: Viadotto “Rampa di inversione sud”: sezione longitudinale trave interna

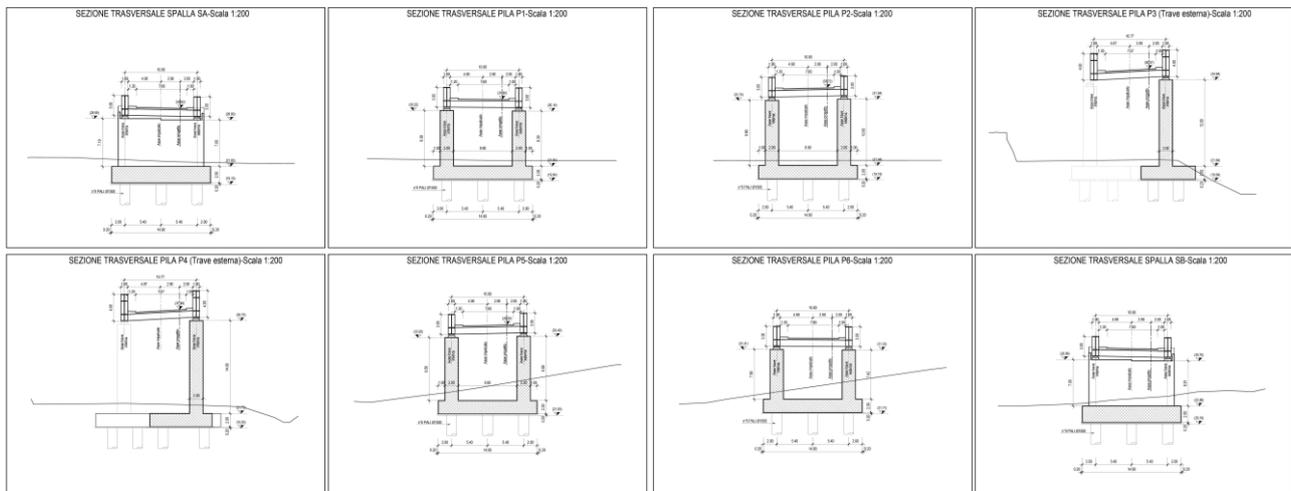


Figura 32: Viadotto "Rampa di inversione sud": sezioni trasversali

Il varo del ponte avviene secondo le fasi realizzative rappresentate nella seguente Figura 33 e di seguito brevemente descritte:

Fase "0"

- a) Montaggio a piè d'opera dell'intero concio ricadente nel tratto curvo del tracciato;
- b) Realizzazione di 4 pile provvisorie denominate A, B, C, D e delle pile P2-P3 e P4 in posizione definitiva.

Fase "1a"

- a) Sollevamento dell'intero concio ricadente nel tratto curvo del tracciato sugli appoggi delle pile provvisorie "A" e "B" e delle pile P2-P3 in posizione definitiva.

Fase "1b"

- a) Avanzamento con varo di punta dell'intero concio ricadente nel tratto curvo del tracciato sulle pile P2, pila "B" pila P3 e pila "C".

Fase "1c"

- a) Avanzamento con varo di punta dell'intero concio ricadente nel tratto curvo del tracciato sulle pile "B", pila P3, pila "C" e pila "D".

Fase "1d"

- a) Avanzamento con varo di punta dell'intero concio ricadente nel tratto curvo del tracciato sulle pile P3, pila "C", pila "D" e pila P4 in posizione finale.

Fase "2"

- a) Realizzazione della spalla S1;
- b) Realizzazione della pila P1;
- c) Montaggio a piè d'opera dei conci dalla spalla S1 alla pila P3 e sollevamento

Fase "3"

- a) Realizzazione della spalla S2;
- b) Realizzazione delle pile P5 e P6;
- c) Montaggio a piè d'opera dei conci dalla pila P4 alla spalla S2 e sollevamento sugli appoggi in posizione definitiva.

Fase "4"

a) Realizzazione della soletta dell'impalcato.

Fase "5"

- a) Posa in opera della pavimentazione;
- b) Montaggio delle barriere stradali;
- c) Realizzazione delle opere di finitura e completamento.

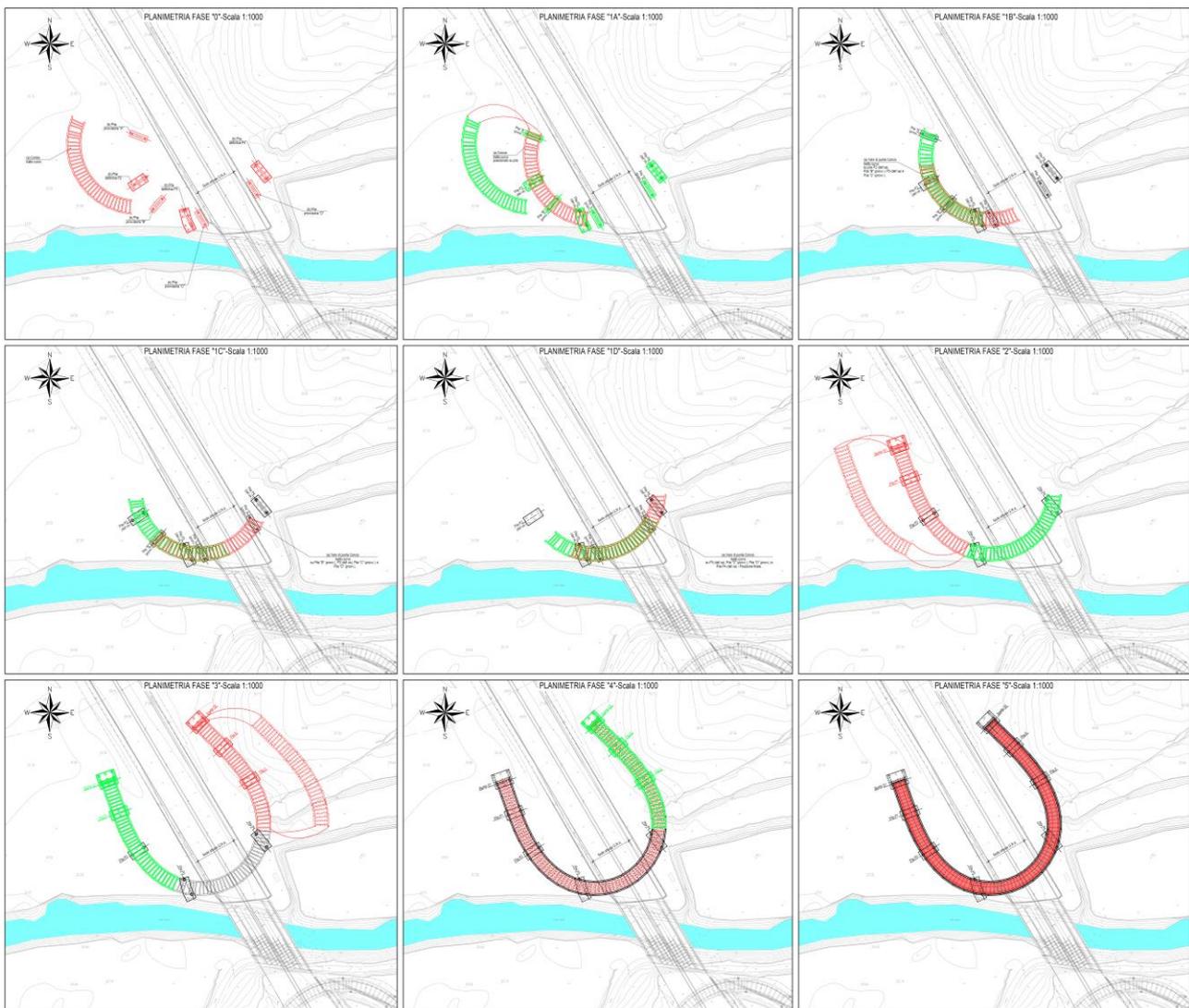


Figura 33: Fasi realizzative del cavalcavia della rampa di inversione sud

9.2 Opere d'arte minori

9.2.1 Opere di sostegno

Il progetto ha previsto la realizzazione di numerose opere di sostegno per il contenimento dei rilevati e degli scavi delle trincee necessari all'inserimento delle complanari. In dettaglio è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

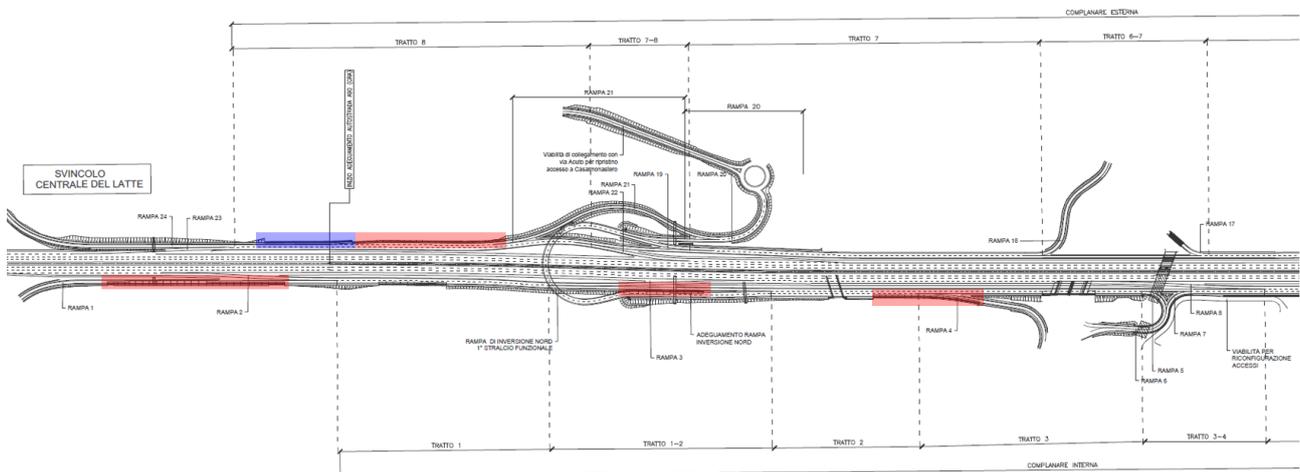
Opere di sostegno carreggiata interna:

- muro di sostegno rampa 1 - compl. int. (tratto 1)
- muro di sostegno compl. int. (tratto 1) da pk 0+200 a pk 0+295
- muro di sostegno rampa 3 da pk 0+105 a pk 0+220
- muro di sostegno compl. int. (tratto 2) - rampa 4
- muro di sostegno rampa 5
- muro di sostegno rampa 6 - compl. int. (tratto 3-4)
- paratia di pali $\phi 1200$ compl. int. (tratto 3-4) da pk 0+053 a pk 0+310
- paratia di pali $\phi 1200$ compl. int. (tratto 4) da pk 0+040 a pk 0+216
- muro di sostegno in terra rinforzata rampa 12 da pk 0+080 a pk 0+145
- muro di sottoscarpa rampa 12 (spalla VI04)

Opere di sostegno carreggiata esterna:

- muro di sottoscarpa compl. est. (spalla VI05)
- muro di sostegno in terra armata compl. est. (tratto 5)
- muro di sostegno ad U rampa 15 da pk 0+150 a pk 0+230
- muro di sostegno rampa 15 da pk 0+230 a pk 0+422
- muro di sostegno compl. est. (tratto 8) da pk 0+067 a pk 0+285
- paratia di pali $\phi 1500$ compl. est. (tratto 8) da pk 0+285 a pk 0+410

Le opere citate sono individuate nella seguente planimetria. In rosso sono stati evidenziati i muri di sostegno mentre con il blu sono state evidenziate le paratie di pali.



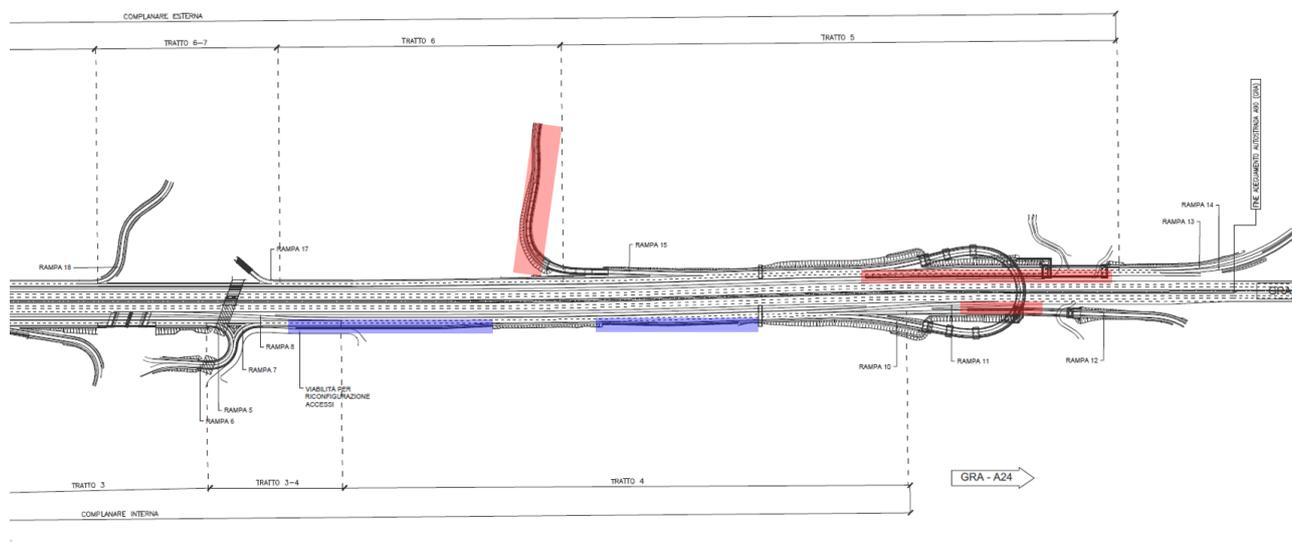


Figura 34: Individuazione delle opere di sostegno

I muri a mensola presentano un paramento verticale di altezza variabile da un minimo di 1.91 m ad un massimo di 9.77m. Il paramento ha uno spessore variabile decrescente verso l'elevazione. La fondazione dei muri a mensola ha spessori compresi fra 100 e 130 cm. I muri con paramento di altezza fino a 3m presentano una fondazione diretta mentre per altezze superiori a 3m la fondazione è su pali di 800mm. In particolare, per muri con paramento fino a 5m la piastra di fondazione è attestata su 2 pali ad interasse longitudinale di 3m e trasversale 2.60m. Per muri con paramento di altezza superiore a 5m, la piastra di fondazione è attestata su 3 pali ad interasse longitudinale e trasversale di 2.45m.

Si riporta una tabella riepilogativa dei tipologici dei muri di sostegno, individuati in funzione dell'altezza del paramento:

TIPOLOGICO	FONDAZIONE	H PARAMENTO [M]	H FONDAZIONE [M]
2	DIRETTA	3	1
3	2 PALI	4	1
4	2 PALI	5	1
5	3 PALI	6	1,3
6	3 PALI	7	1,3
7	3 PALI	8	1,3
8	3 PALI	9	1,3
9	3 PALI	10	1,3

La figura di seguito riportata mostra una sezione tipologica dei muri descritti.

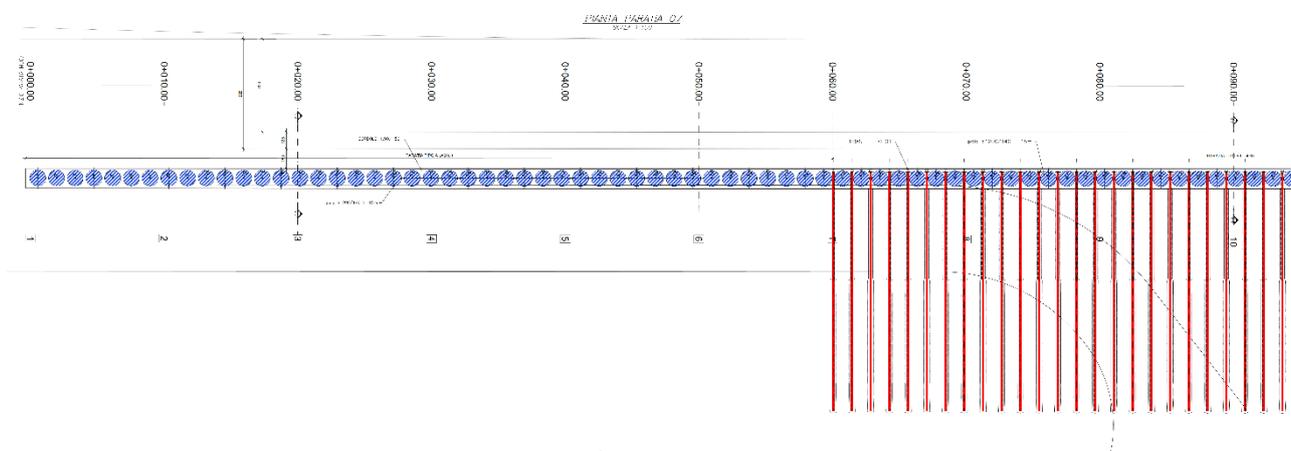
PARATIA MU08 - TIPO 1	1 - 7 16 - 17	3,3
PARATIA MU08 - TIPO 2	7 - 16	4,5
PARATIA MU08 - TIPO 3	17 - 19	2,2
PARATIA MU16 - TIPO 1	1 - 10	11
PARATIA MU16 - TIPO 2	10 - 14	8

La paratia MU07 è costituita da 3 tipologici. Il tipologico 1 e 2 sono rappresentativi di una paratia libera con pali di diametro 1200 mm sormontati da un cordolo di dimensioni pari a 1.5x1.5 m. Il tipologico 3 è rappresentativo di una paratia tirantata con bulbo d’iniezione di lunghezza 10m, lunghezza libera 11m e inclinazione 20°. I tiranti sono posti ad interasse 1.4m.

La paratia MU08 è una paratia libera con pali di diametro 1200 mm sormontata da un cordolo di dimensioni pari a 1.5x1.5m. Essa è costituita da 3 tipologici.

La paratia MU16 è una paratia tirantata con pali di diametro 1500 mm sormontata da un cordolo di dimensioni pari a 1.8x1.8m. I tiranti presentano un bulbo di iniezione di lunghezza pari a 13m, lunghezza libera di 13m, inclinazione di 20° ed interasse 1.7m

La figura di seguito riportata mostra a titolo di esempio la pianta della paratia di pali $\phi 1200$ in corrispondenza del tratto 3-4 della complanare interna.



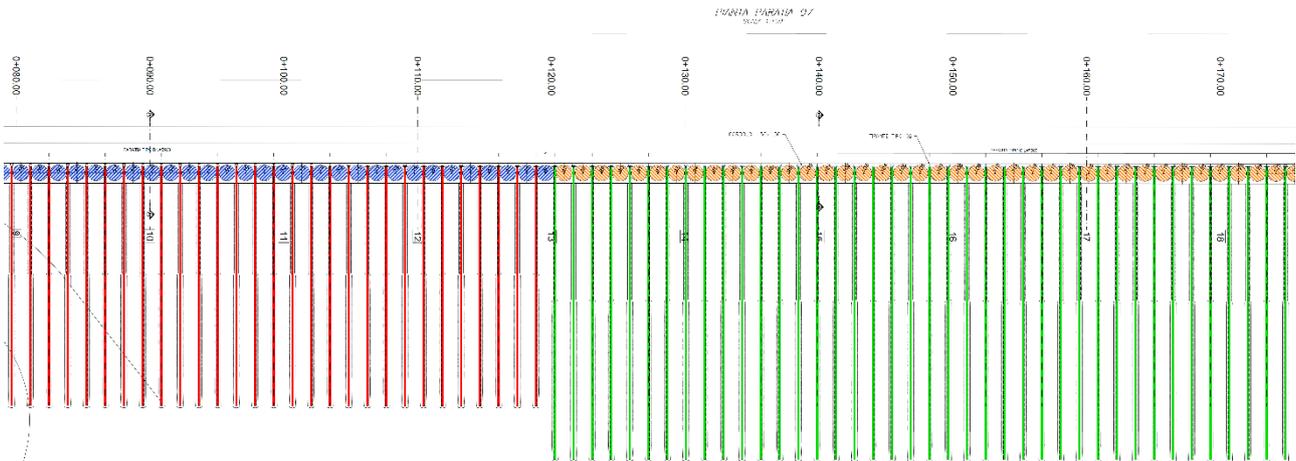


Figura 36: Pianta della paratia di pali n.07

10 INTERFERENZE ED ESPROPRI

10.1 Interferenze

Le principali interferenze delle opere in progetto con reti e sottoservizi esistenti sono le seguenti:

✓ **Reti idriche**

Fascio tubiero acquedotto Acquamarzia interferente con le opere di progetto ed in particolare con le rampe di ingresso e uscita della complanare interna sulla via Tiburtina direzione Tivoli. Per la risoluzione delle interferenza si prevede la realizzazione di due opere di protezione costituite da paratie di pali di fondazione e solettone superiore sul quale vengono posizionate le rampe interferenti

✓ **Telecomunicazioni**

In corrispondenza della dorsale della via tiburtina sono presenti numerose interferenze di tipo tecnologiche. La maggior parte di queste interferiscono direttamente con le opere necessarie al prolungamento e all'allargamento del GRA. L'interferenza si verificano in corrispondenza del sottopasso GRA: in particolare per le fibre ottiche sussiste interferenza sul lato sud della via Tiburtina; nel quadrante sud-ovest dell'intersezione GRA-Tiburtina il cavo Telecom esce dalla sede stradale e interferisce con il prolungamento della spalla del sottopasso.

La risoluzione di tali interferenze è già prevista nel progetto esecutivo di adeguamento della via Tiburtina tra i km 9+300 e 15+800 (progetto del Comune di Roma – lavori già appaltati); i cavi di telecomunicazione troveranno recapito all'interno della polifora a 36 cavi denominata “Pol1”

✓ **Reti elettriche**

Sono presenti due interferenze con i cavi della bassa tensione in corrispondenza del sottopasso della Via Tiburtina con due bauletti uno da 5 l'altro da 4 cavi di M.T. (15 KV) disposti ai margini della carreggiata attuale della via Tiburtina.

La risoluzione di tali interferenze è già prevista nel progetto del Comune di Roma di adeguamento a 3 corsie per senso di marcia i cui lavori risultano ad oggi già appaltati ad impresa esecutrice. In particolare i cavi di BT presenti troveranno ubicazione all'interno della polifora a 36 cavi di progetto denominata “Pol1”.

La posizione di tali condotti non ancora realizzati sarà ottimizzata al fine di evitare complicazione nell'esecuzione dei lavori della spalla sud dell'opera di scavalco della via Tiburtina.

Un'altra interferenza si verifica in corrispondenza della rampa Nord in quanto attualmente il cavo è interrato al piede della scarpata ovest del GRA. La soluzione maggiormente percorribile consiste nello spostamento del cavo al piede del rilevato di progetto per un'estensione di circa 350m.

✓ **Rete gas**

Le reti di distribuzione gas interferisce con le opere in progetto in diversi punti:

- in corrispondenza della rampa d'inversione Nord sussiste l'interferenza con la rete in alta pressione sia come parallelismo che come attraversamento.
- in corrispondenza dello scavalco della Via Tiburtina sono presenti sia condotti di alta che di bassa pressione: in particolare parallelamente alla via Tiburtina sono presenti un ramo di alta pressione ed uno di bassa al disotto della sede stradale; tali condutture interferiscono direttamente con la esecuzione della nuova opera di scavalco e

pertanto si rende necessario lo spostamento definitivo delle stesse al centro della carreggiata attuale corrispondente grosso modo alla carreggiata di progetto direzione Tivoli della SS tiburtina.

- per la zona sud sussistono interferenze tra le rampe di progetto e le dorsali in alta pressione disposte sia lato carreggiata interna che esterna del GRA; in particolare l'interferenza lato carreggiata interna si estende dalla via Tiburtina fino alla progressiva 30+550; in corrispondenza di tale progressiva sussiste attualmente un attraversamento della condotta sotto la sede del GRA. Pertanto dalla progressiva 30+550 l'interferenza con la condotta gas AP si presenta in carreggiata esterna fino al fiume Aniene. Immediatamente dopo l'attraversamento del fiume Aniene la condotta esistente riattraversa la sede del GRA e si ridispone lato carreggiata interna.

L'ipotesi di risoluzione prevede lo spostamento della condotta per tutta la sua estensione al di fuori dell'impronta delle opere di progetto. In particolare si segnala che nella zona a nord della via Tiburtina lo spostamento della condotta determina un problema di ingombro in corrispondenza dell'attraversamento del fosso di Pratolungo e in corrispondenza del parcheggio della concessionaria automobili Audi. Nella zona sud della via Tiburtina lo spostamento della linea gas non comporta particolari problemi di ingombro sia nel settore carreggiata interna che nel settore carreggiata esterna.

Si segnala che l'attraversamento attuale (progressiva 30+550) dovrà necessariamente essere traslato verso sud (pr 30+630) per eliminare la sovrapposizione con un'opera di sostegno (paratia di pali d=1200 tirantata) prevista per la complanare interna tra le pr 30+020 e 30+310

Un altro tratto di spostamento è da prevedersi in sinistra idraulica del fiume Aniene per eliminare la sovrapposizione della condotta con la spalla del ponte sul fiume Aniene relativo alla complanare esterna. L'esatta ubicazione della condotta e le opere accessorie saranno concordate con l'ente gestore durante l'iter approvativo del progetto.

10.2 Espropri

L'area interessata dal progetto è caratterizzata da zone agricole con prevalenza di colture a seminativo, con zone edificate di periferia. Dal punto di vista morfologico, il territorio interessato è del tipo parte pianeggiante e parte ondulata.

Durante i sopralluoghi effettuati, non è stato riscontrato, sulle aree interessate dal progetto, la presenza di manufatti non censiti all'Agenzia del Territorio, anzi vi sono alcuni fabbricati censiti ma inesistenti o già demoliti in precedenza.

La realizzazione dell'opera interessa anche edifici che dovranno essere demoliti, per tali manufatti è stato previsto un indennizzo sulla base dei valori di mercato presenti in loco.

L'estensione delle aree coinvolte sono pari a:

- Aree da espropriare in via definitiva pari a circa **mq. 241.906,00**;
- Aree da occupare in via temporanea pari a circa **mq. 42.688,00**;
- Aree soggette a servitù permanente pari a circa **mq. 10.675,00**;
- Aree di fabbricati da demolire pari a circa **mq. 345,00**.

Gli elaborati grafici e la Relazione giustificativa delle indennità di esproprio forniscono l'individuazione delle aree e i dettagli della stima degli oneri di occupazione temporanea ed esproprio definitivo.

11 CANTIERIZZAZIONE E FASI REALIZZATIVE

E' prevista l'installazione di una serie di aree di cantiere, che sono state selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- utilizzare aree di scarso valore sia dal punto di vista ambientale che antropico
- necessità di limitare al minimo indispensabile gli spostamenti di materiale sulla viabilità

Per l'individuazione delle aree da adibire a cantiere, in linea generale, si è tenuto conto dei seguenti fattori:

- dimensioni areali sufficientemente vaste;
- prossimità a vie di comunicazioni importanti e/o con sedi stradali adeguate al transito pesante;
- preesistenza di strade minori per gli accessi, onde evitare il più possibile la realizzazione di nuova viabilità di servizio;
- buona disponibilità idrica ed energetica;
- lontananza da zone residenziali significative e da ricettori sensibili (scuole, ospedali, ecc.);
- adiacenza alle opere da realizzare;
- morfologia (evitando, per quanto possibile, pendii o luoghi eccessivamente acclivi in cui si rendano necessari consistenti lavori di sbancamento o riporto);
- esclusione di aree di rilevante interesse ambientale;
- vicinanza ai siti di approvvigionamento di inerti e di smaltimento dei materiali di scavo.

11.1 Aree Di Cantiere

La localizzazione delle aree di cantiere e della viabilità di accesso alle stesse è illustrata nelle planimetrie di cantierizzazione.

L'analisi è stata condotta censendo tutti i vincoli presenti sul territorio e considerando anche le proprietà agricole presenti lungo il tracciato ubicando, quindi, i cantieri nelle aree che presentano il minor grado di sensibilità ambientale, compatibilmente con le esigenze realizzative delle opere.

Le aree di cantiere individuate per lo sviluppo delle attività si distinguono in: Cantiere Base o base-Operativo, Cantiere Operativo, Aree tecniche, Aree di Stoccaggio.

Le aree di cantiere previste sono elencate di seguito:

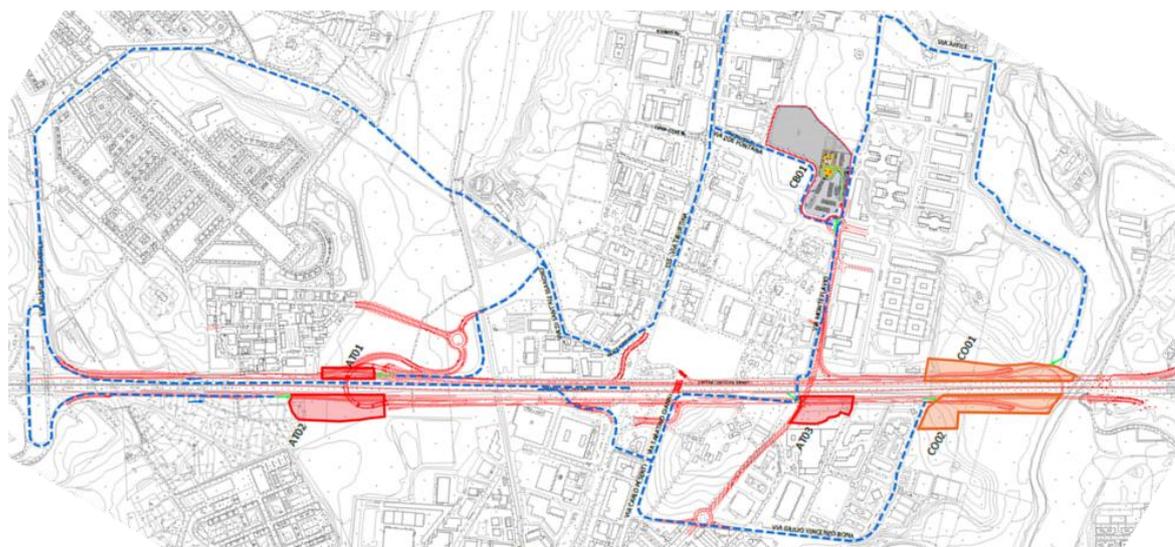
- Cantiere base CB01
- 2 Cantieri operativi CO01 e CO02
- 3 aree tecniche di cantiere e stoccaggio materiali in prossimità delle opere da realizzare AT01/02/03

I dati principali delle singole aree sono sintetizzati nella tabella seguente

ID	Posizione	SUPERF (mq)	TIPOLOGIA DI CANTIERE
CANTIERE CB01	Via Tiburtina/Zoe Fontana	35600	Campo base
CANTIERE CO01	Via Giulio Vincenzo Bona	20185	Campo operativo
CANTIERE CO02	Via Monte Flavio	18095	Campo operativo
AT01	Via Armenise	6200	Area tecnica
AT02	Via Carlo Farina	16505	Area tecnica
AT03	Via dei Luxardo	9007	Area tecnica

Tab. 3 Cantieri Logistico/Operativi principali

I Cantieri Base e Operativi mantengono la loro ubicazione per tutta la durata dei lavori, le aree tecniche e di stoccaggio, possono essere dismesse rispettivamente appena vengono completate le opere di pertinenza o appena si alloca il materiale stoccato.



- Legenda**
- ▬▬▬ Percorsi dei mezzi di cantiere su viabilità ordinaria
 - ➔ Accesso all'area di cantiere/ viabilità in ambito cantiere
 - Area di cantiere e stoccaggio materiali
 - Cantiere Base
 - Cantiere Operativo

CANTIERIZZAZIONE: CANTIERI E PISTE DI ACCESSO, CAVE E DISCARICHE

AREE TECNICHE

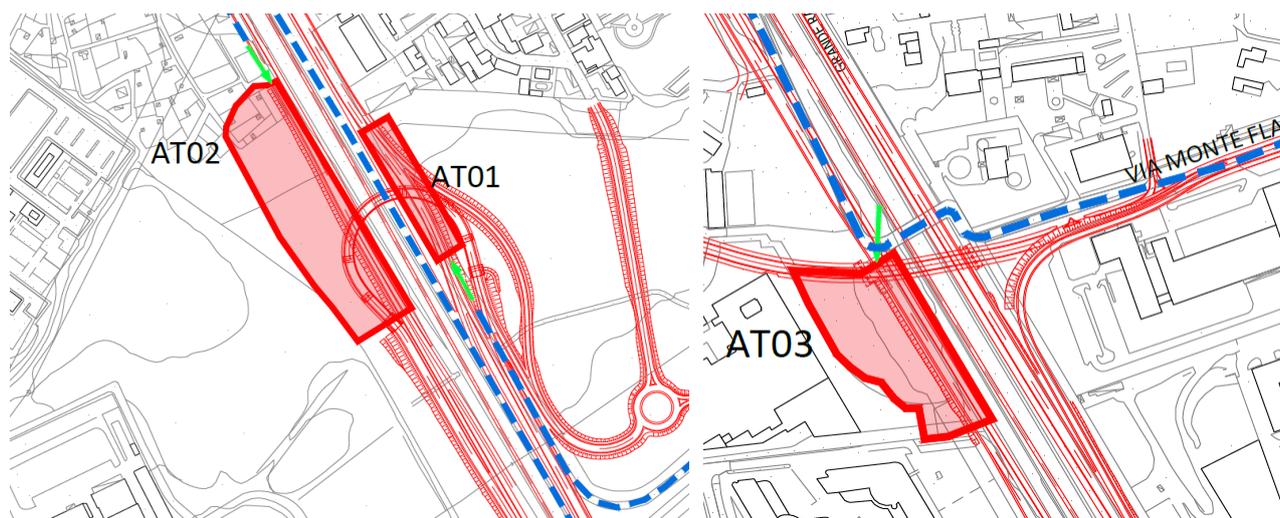
Sono previste lungo il tracciato 3 Aree Tecniche funzionali alla realizzazione delle principali opere distribuite lungo il tracciato, per:

- Viadotti

- Cavalcavia
- Sottopassi
- Opere diverse

Due aree tecniche sono ubicate lungo la carreggiata interna, un’area lungo la Carreggiata esterna; rispettivamente alle progr 29+080 la prima, 30+320 la seconda; la terza invece è alla medesima progr della prima ma sulla carreggiata esterna.

ID	Km/Posizione	SUPERF (mq)	TIPOLOGIA DI CANTIERE	DI COMUNE
AT01	Via Armenise	6200	Area tecnica	Roma
AT02	Via Carlo Farina	16505	Area tecnica	Roma
AT03	Via dei Luxardo	9007	Area tecnica	Roma



AREE TECNICHE AT01, AT02, AT03

11.2 Fasi esecutive

Si prevede l’esecuzione in sei macrofasi.

- Nella macrofase 1 viene realizzata la viabilità complanare in carreggiata interna tra lo svincolo di “Casal Monastero” (“Centrale del latte”) e lo svincolo A24
- Nella macrofase 2 vengono realizzati i due tratti di complanare esterna che non interferiscono con il GRA
- Nella macrofase 3 inizia la realizzazione della deflessione del GRA con la realizzazione dell’allargamento della sede attuale del GRA lato carreggiata interna
- Nella macrofase 4 viene realizzata la parte interclusa del GRA che consiste nel completamento dell’adeguamento della sede attuale del GRA con spostamento dell’asse verso la carreggiata interna per fare spazio per la realizzazione della complanare sul lato esterno.

- Nella macrofase 5 viene realizzato il completamento della viabilità complanare esterna nel tratto centrale ossia laddove la sede della complanare esterna si sovrappone alla sede attuale della carreggiata nord del GRA.
- La macrofase 6 si rende necessaria per completare la complanare esterna in corrispondenza degli innesti provvisori tra via Tiburtina lato Tivoli e la carreggiata esterna del GRA di cui alla fase precedente.

12 PIANO UTILIZZO TERRE

Il Piano di Utilizzo Terre “ è stato redatto in conformità dal D.P.R. n. 120/2017 ed ha lo scopo di quantificare e finalizzare l’utilizzo dei materiali provenienti dagli scavi necessari per le lavorazioni di progetto all’interno dello stesso cantiere o in altri siti, indicandone le modalità di gestione..

Il PUT ha affrontato le seguenti tematiche:

- caratterizzazione ambientale del materiale da scavo ai fini del riutilizzo e/o eventuale gestione come rifiuto
- caratterizzazione prestazionale e classificazione delle terre ai fini del reimpiego;
- piano degli scavi
- bilancio materie
- individuazione impianti di approvvigionamento, conferimento e recupero delle terre e rocce da scavo

12.1 Indagini eseguite

E’ stata effettuata una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla determinazione delle caratteristiche geotecniche e alla definizione stratigrafica in chiave geo-litologica, nonché al prelievo di campioni di terreno finalizzati ad attività di caratterizzazione ambientale ai fini del reimpiego come sottoprodotto. La campagna di indagine geognostica è stata così articolata. Nell’ambito della campagna indagini geognostiche sono stati effettuati prelievi al fine della caratterizzazione ambientale delle terre da n. 10 pozzetti esplorativi, n.2 sondaggi geognostici e prelievo acque sotterranee da n.3 sondaggi consizionati a piezometro.

Nei campioni di terreno prelevati ai fini ambientali sono stati ricercati i parametri indicati dal D.P.R. 120/2017 allegato 4 Tabella 4.1 Nel dettaglio, sono state eseguite le seguenti attività analitiche:

- n. 21 analisi chimiche di laboratorio su campioni di terreno per caratterizzazione ambientale
- n. 2 analisi chimiche di laboratorio su campioni di acqua di falda

Su un totale di 21 campioni analizzati, sono stati registrati pochi superamenti rispetto a quanto previsto dai limiti di legge di cui alla Tabella 1 colonna A Allegato 5 al titolo V della parte IV del D.Lgs. 152/06 ed un solo superamento del limite in colonna B.

Le analisi effettuate per la per la definizione dell’ammissibilità in discarica hanno riportato tutte risultati di classificazione come rifiuti non pericolosi- codice CER 170504.

12.2 Bilancio terre

In considerazione dei valori di scavi, fabbisogni e percentuali di recupero si prevede il seguente bilancio per il lotto in esame, riportato nella seguente matrice:

			FABBISOGNI			ESUBERI
mc	%	Disp. per riutilizzo	rilevato	terreno vegetale	riempimenti	mc
			208760	16570	2808	

MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI	sbancamenti	145927	30	43778	43778			102149
	scotico	14861	60	8917		8917		5945
	bonifica	22292	20	4458	4458			17834
	scavi di fondazione opere	5615	40	2246			2246	3369
	pali	33739	0	0				33739
	complessivo scavi	222434						
	fabbisogno da coprire dall'esterno				160524	7653	562	
BILANCIO				59399	168738			163035
				Reimpiego	DA CAVA			A DEPOSITO

Il bilancio riportato evidenzia un esubero complessivo di circa 163035 mc di materiali provenienti dagli scavi ai quali devono essere sommati i materiali provenienti dalle demolizioni (opere d'arte e pavimentazioni); la percentuale di recupero per il materiale proveniente dagli scavi di sbancamento per il riutilizzo "tal quale" è mantenuta cautelativamente bassa; nel bilancio non è presa in considerazione l'ipotesi di riutilizzo previo trattamento con calce e/o cemento.

12.3 Siti di cava ed impianti di recupero

Sono stati individuati i siti di approvvigionamento e di smaltimento-recupero in prossimità del lotto di progetto. In relazione ai limitati fabbisogni ed esuberanti previsti, i siti individuati risultano ampiamente idonei.

13 IMPIANTI TECNOLOGICI

Nel presente paragrafo sono illustrate le scelte progettuali adottate per il dimensionamento degli impianti di illuminazione relativi alla Seconda fase funzionale prevista all'interno del progetto "Potenziamento dello svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare", dallo svincolo A24 allo svincolo della Centrale del latte (dal Km 28+300 al Km 31+291,85).

In riferimento alle categorie illuminotecniche di progetto per la strada e per le zone di intersezione, svincoli, ecc, è riportato di seguito quanto definito nelle fasi preliminari:

- categoria illuminotecnica strada: ME2
- zone di intersezione, svincoli, ecc.: ME1
- sorgente luminosa: Led; classe isolamento: classe I
- tipologia cavi in alluminio: ARG16R16"

Di seguito si riporta il prospetto 1a della UNI EN 13201-2 in cui sono indicati i valori illuminotecnici per ciascuna categoria serie ME.

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante
	L [cd/m ²] minima mantenuta	U _o minima	U _L minima	Ti in % massimo
ME1	2,0	0,4	0,7	10
ME2	1,5	0,4	0,7	10
ME3a	1,0	0,4	0,7	15
ME3b	1,0	0,4	0,6	15
ME3c	1,0	0,4	0,5	15
ME4a	0,75	0,4	0,6	15
ME4b	0,75	0,4	0,5	15
ME5	0,5	0,35	0,4	15
ME6	0,3	0,35	0,4	15

Dalla definizione della classe di livello di larghezza operativa che caratterizza le barriere di sicurezza del GRA e delle sue complanari, si prevede l'installazione dei sostegni dei corpi illuminanti del GRA e delle complanari nelle banchine comprese tra il GRA e le complanari stesse, come mostrato nella figura seguente.

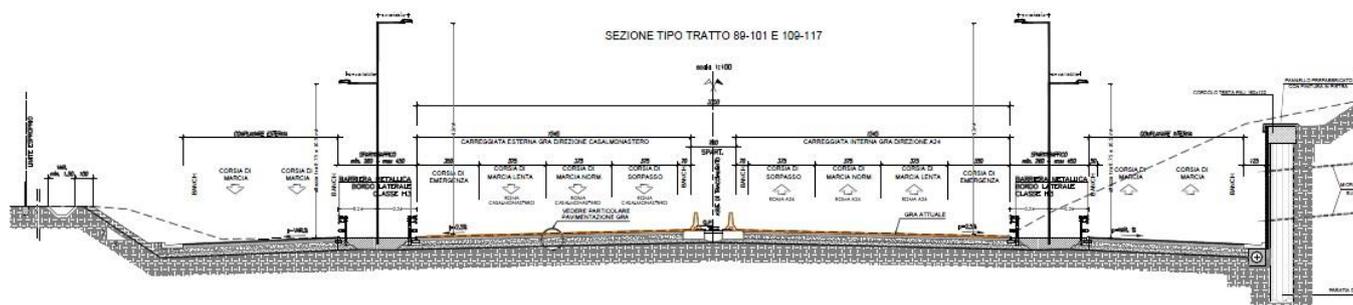


Figura 1. Vista in sezione del GRA e delle complanari con la posizione tipica dei corpi illuminanti.

Su uno stesso sostegno si installeranno due corpi illuminanti, ad altezze diverse, per l'illuminazione del GRA e delle complanari. Il calcolo illuminotecnico definisce il passo d'installazione dei sostegni dell'illuminazione e la scelta degli stessi corpi illuminanti, a LED di adeguata potenza e caratteristiche, per il completo soddisfacimento delle norme tecniche attualmente in vigore.

13.1 Principali riferimenti normativi

Gli impianti elettrici interessati dal progetto riguardano gli impianti di illuminazione pubblica o similari, entrambi sottostanti all'ambito applicativo delle Norme CEI 64-8 "Impianti utilizzatori a tensione nominale inferiore a 1000 V in c.a." e specificatamente per l'impianto di illuminazione, nell'ambito della sezione 714 che dal 1° giugno 2005 sostituisce la Norma CEI 64/7, terza edizione, fascicolo 4618 «Impianti elettrici di illuminazione pubblica».

Tutti gli impianti dovranno essere realizzati a perfetta regola d'arte secondo le seguenti leggi, norme e guide tecniche impiantistiche di riferimento:

- Prescrizioni degli Enti preposti al controllo degli impianti nella zona in cui si eseguiranno i lavori, ed in particolare: Ispettorato del Lavoro, Vigili del Fuoco, ASL, ISPESL.
- Prevenzione Infortuni, con particolare riguardo al DL 106/2009
- Società Distributrice dell'Energia Elettrica
- Testo unico sulla sicurezza DL 81/2008.
- CEI 0-13 "Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature".
- CEI 0-14 "Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativo alla semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi".
- CEI EN 60439-1 "Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per BT".
- CEI 23-116 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche".
- CEI 34-21 (EN 60598-1) "Apparecchi di illuminazione".
- CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua".
- CEI 64-8/7 "Impianti elettrici di illuminazione pubblica e similari".
- CEI 81-10 "Protezione dai fulmini".

- CEI 17-5 VIIIa Ed. 2007: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 23-3/1 Ia Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 64-8 VIa Ed. 2007: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

14 INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE E INSERIMENTO PAESAGGISTICO

Il progetto delle opere a verde di mitigazione ambientale e di inserimento paesaggistico ha come obiettivo principale quello di delineare interventi atti a mitigare gli impatti indotti dalla realizzazione delle opere stradali e consentirne l’inserimento paesaggistico e ambientale.

L’approccio progettuale è partito dall’interpretazione e dalla definizione delle potenzialità vegetazionali delle aree indagate, desunte dalle caratteristiche climatiche e dell’analisi del paesaggio vegetale esistente. Il riscontro della vegetazione potenziale e reale ha, quindi, consentito di individuare gli interventi coerenti con la vocazione dei luoghi e tali da configurarsi anche come elementi di valorizzazione ambientale del territorio.

Il progetto si configura come un sistema integrato di azioni per ricucire e migliorare parti del paesaggio interessato dalle opere e come occasione per riconfigurare “nuovi paesaggi” determinati dalla realizzazione delle opere.

L’idea guida del progetto nasce dal riconoscimento della tipologia di paesaggio rilevato, con le rispettive qualità e criticità, e dalla messa a punto di azioni specifiche per un miglioramento della qualità paesaggistica complessiva. Il paesaggio in esame è caratterizzato dalla bassa incidenza delle componenti naturali e dalla prevalenza di elementi antropici. Senza un adeguato inserimento paesaggistico, l’opera determinerebbe un ulteriore depauperamento delle componenti paesaggistiche originarie, determinando impatti aggiuntivi rispetto a quanto determinato ora dalla presenza del GRA. Sono pertanto previsti interventi mirati alla ricucitura delle componenti esistenti attraverso la costituzione di filari e la formazione di gruppi arboreo arbustivi, per connettere anche visivamente formazioni vegetali esistenti, mascherare i rilevati, rinaturalizzare le aree intercluse e potenziare la biodiversità. In generale, quindi, l’inserimento della vegetazione, è stato predisposto per garantire un’efficace funzione schermante che incide positivamente sia sugli impatti della componente paesaggistica che di quella ambientale in senso lato.

Vista la natura del contesto e la tipologie delle opere, non si prevedono azioni finalizzate alla deframmentazione faunistica. I potenziali corridoi faunistici sono infatti rappresentati dal fiume Aniene e dal fosso Pratolungo che vengono attraversati da opere in scavalco che conservano la permeabilità a livello del suolo, le opere previste, quindi, non vanno ad incrementare in maniera apprezzabile gli effetti di frammentazione e barriera rispetto all’attuale struttura viaria.

Sulla base della lettura degli effetti dell’intervento sulle attuali caratteristiche dei luoghi, fra cui la loro eventuale reversibilità, si sono individuate le misure di mitigazione, finalizzate a ridurre o migliorare l’impatto degli interventi sui caratteri del contesto paesaggistico e dell’area di intervento.

Le opere di mitigazione previste si fondano, in sintesi sul principio che ogni intervento deve essere finalizzato ad un miglioramento della qualità paesaggistica complessiva dei luoghi, o, quanto meno, deve garantire che non vi sia una diminuzione delle sue qualità, pur nelle trasformazioni.

Le nuove opere si sviluppano prevalentemente in affiancamento al GRA ed appaiono parzialmente visibili dalla rete viaria pubblica vista la condizione insediativa presente ai margini dell’attuale infrastruttura stradale, ciononostante in alcuni casi si è reso necessario fare ricorso a misure di mitigazione tali da garantire la mitigazione degli impatti visivi. L’analisi degli impatti sulla componente paesaggio ha evidenziato le parti dell’opera, che presentano maggiori impatti visivi,

differenziato i casi in cui le opere risultano visibili da più punti e da distanze diversificate rispetto ai casi in cui la visibilità è confinata in bacini di dimensioni minori. Gli interventi funzionali al “mascheramento” delle opere si sono pertanto concentrati nei casi in cui il fenomeno dell’Intrusione, ovvero dell’inserimento, nel sistema paesaggistico esistente, di elementi estranei ed incongrui ai suoi caratteri peculiari compositivi, percettivi o simbolici, è particolarmente evidente. In questi casi sono stati previsti interventi caratterizzati da formazioni arboreo arbustive che consentono di costituire, anche in tempi rapidi, barriere con un’efficace funzione schermante che incide positivamente sia sugli impatti della componente paesaggistica che su quella ambientale in senso lato. Le fasce di vegetazione a struttura lineare svolgono, infatti, importanti funzioni, sia in termini di regolazione delle condizioni microclimatiche che dei flussi materici, abiotici e biotici, rappresentando un connettivo diffuso, in una rete di microcorridoi e di piccole unità di habitat.

Attraverso specifica analisi della vegetazione reale e potenziale, sono stati selezionati i tipologici ambientali, differenziati non solo per specie di appartenenza ma anche per valori significativi di distribuzione, in percentuale, delle stesse.

Le scelte hanno inseguito obiettivi ecologici, naturalistici e progettuali compositivi nel segno di una forte attenzione ai costi di gestione e manutenzione delle opere in progetto. La puntuale disamina delle differenti pezzature degli arbusti e degli alberi da impiantare, oltre alla ragionata disamina dei differenti e possibili sestri d’impianto, ha permesso di individuare le distanze sulla fila e nell’interfila in grado di garantire non solo il raggiungimento di una copertura in tempi relativamente brevi, ma anche di assicurare una riduzione dei costi di gestione e manutenzione delle opere di mitigazione. Sono stati definiti, infatti, sestri d’impianto capaci di ottimizzazione gli interventi di manutenzione, fondamentali per il corretto sviluppo delle specie di progetto. Inoltre, i sestri d’impianto definiti per gli arbusti, relativamente fitti, configurano una serie di fasce sostanzialmente chiuse che non richiederanno al loro interno, dopo pochi anni, alcun intervento di sfalcio e di pulizia.

A ciascun tipologico, assemblabile con gli altri tipologici o con multipli dello stesso tipologico, è affidato il compito di garantire funzione compositiva e mitigativa.

Sono stati previsti i seguenti tipologici:

COD.	TIPOLOGICO
FA	Filare arboreo
GAA	Gruppo arboreo arbustivo
FA	Fascia arboreo arbustiva
FAAS	Fascia arboreo arbustiva spondale
FAS	Fascia arbustiva spondale
GA01	Gruppo arbustivo tipo 1
GA02	Gruppo arbustivo tipo 2
ID	Idrosemina
SP	Semina a spaglio

COD.	TIPOLOGICO
AL	Alberature isolate e/o a gruppo
RC	Ripristino ambientale delle aree di cantiere

14.1 Filare arboreo (FA)

Si prevede la formazione di filari monospecifici di *Populus nigra*, il modulo è costituito da numero 5 alberi disposti in successione lineare su di un'area di lunghezza pari a 30 m, quindi con sesto d'impianto pari a 6 m.

Si prevede un sesto d'impianto fitto al fine di garantire un effetto mitigativo sin dalle prime fasi di realizzazione dell'opera. Le piante saranno fornite di circonferenza fusto pari a cm 10-12, l'area d'incidenza del modulo sarà inoltre, inerbita con miscuglio di specie erbacee così come da tipologico semina a spaglio.

Si riporta di seguito l'elenco delle specie vegetali utilizzate:

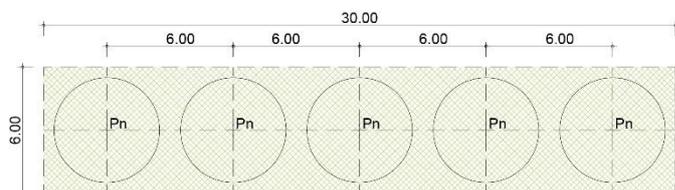
Tipo FA

Filare arboreo

MODULO 30,00 ml

Specie arboree	n./Modulo	N. totale	Dimensione d'impianto
<i>Populus nigra</i>	5	73	Circ. fusto cm 10-12
	5	73	

FA - FILARE ARBOREO
SCALA 1:200



MODULO 180,00 mq (30,00m x 6,00m)

FA - Filare arboreo	N/MODULO
SPECIE ARBOREE	
Pn	5



SEZIONE scala 1:100

Pianta e sezione filare arboreo

Il filare arboreo è stato utilizzato per l’inserimento paesaggistico dei bacini di laminazione previsti in prossimità del fosso Pratolungo. Attraverso l’inserimento dei filari, funzionali sia al mascheramento dei manufatti che alla ricucitura della trama del paesaggio agricolo, si garantisce la continuità visiva dei luoghi.

14.2 Gruppo arboreo arbustivo (GAA)

Il modulo d’impianto, di superficie pari a 225 mq, è costituito da un quadrato di dimensione 15,00 m x 15,00 in cui si prevede la messa a dimora di n. 9 alberi e n. 51 arbusti disposti, a piccoli gruppi distanziati.

Gli alberi sono disposti con sestri di impianto variabili in funzione della specie, da 4m a 6m, la distribuzione è di tipo casuale per garantire un effetto naturalistico della formazione, le distanze dalle interfile tengono conto anche della necessità di accesso alle aree di piantagione per le attività di manutenzione, soprattutto per gli sfalci del cotico erboso. La disposizione degli arbusti prevista, per gruppi monospecifici, presenta numerosi vantaggi in termini di riduzione della competitività interspecifica, sviluppo armonico, visibilità degli esemplari secondo il gradiente di crescita, resa paesaggistica e soprattutto per gli effetti positivi sulla manutenzione.

Si prevede, inoltre, l’inerbimento a mano o con mezzi meccanici dell’area d’incidenza del modulo, con miscuglio così come da tipologico Semina a spaglio.

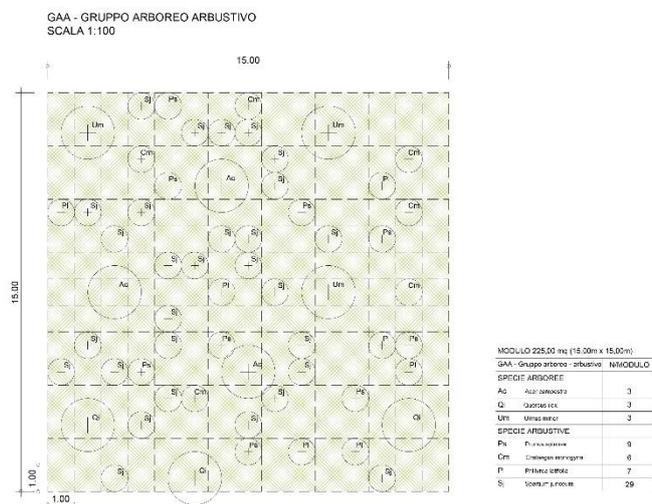
Si riportano di seguito l’elenco delle specie vegetali utilizzate:

Tipo GAA

Gruppi arboreo arbustivi

MODULO 225,00 mq (15,00 m x 15,00 m)

Specie arboree	n. /Modulo	n. tot	Dimensione d'impianto
<i>Acer campestre</i>	3	78	Circ. fusto cm 10-12
<i>Quercus ilex</i>	3	78	Circ. fusto cm 10-12
<i>Ulmus minor</i>	3	78	Circ. fusto cm 10-12
Specie arbustive			
<i>Crataegus monogyna</i>	6	156	H. 0,80 -1,20 m
<i>Prunus spinosa</i>	9	234	H. 0,80 -1,20 m
<i>Spartium junceum</i>	29	754	H. 1,00 -1,20 m
<i>Phillyrea latifolia</i>	7	182	H. 0,80 -1,20 m
	60	1560	



Pianta e sezione gruppo arboreo-arbustivo

Il gruppo arboreo-arbustivo è il tipologico utilizzato per la caratterizzazione paesaggistica delle aree intercluse prossime ai bacini di laminazione. Tale intervento, inoltre, garantisce, in associazione alle altre tipologie impiegate, il potenziamento della naturalità dei luoghi, riducendo l'effetto di artificializzazione delle aree che potrebbe determinarsi a seguito della realizzazione dei bacini.

14.3 Fascia arboreo arbustiva (FAA)

La fascia arboreo arbustiva è di tipo polispecifico, il modulo tipo è costituito da numero 6 alberi e 24 arbusti disposti in successione lineare, a quinconce, su di un'area di lunghezza 36,00 m e larghezza 6.00 m (modulo 216,00 mq).

Si prevede l'impiego di quattro specie arboree disposte su una fila, con sesto di impianto pari a 6,00 m, e tre specie arbustive disposte su 3 file, con sestini di impianto variabili..

E' previsto, inoltre, l'inerbimento a mezzo semina a spaglio con mezzi meccanici dell'area d'incidenza del modulo.

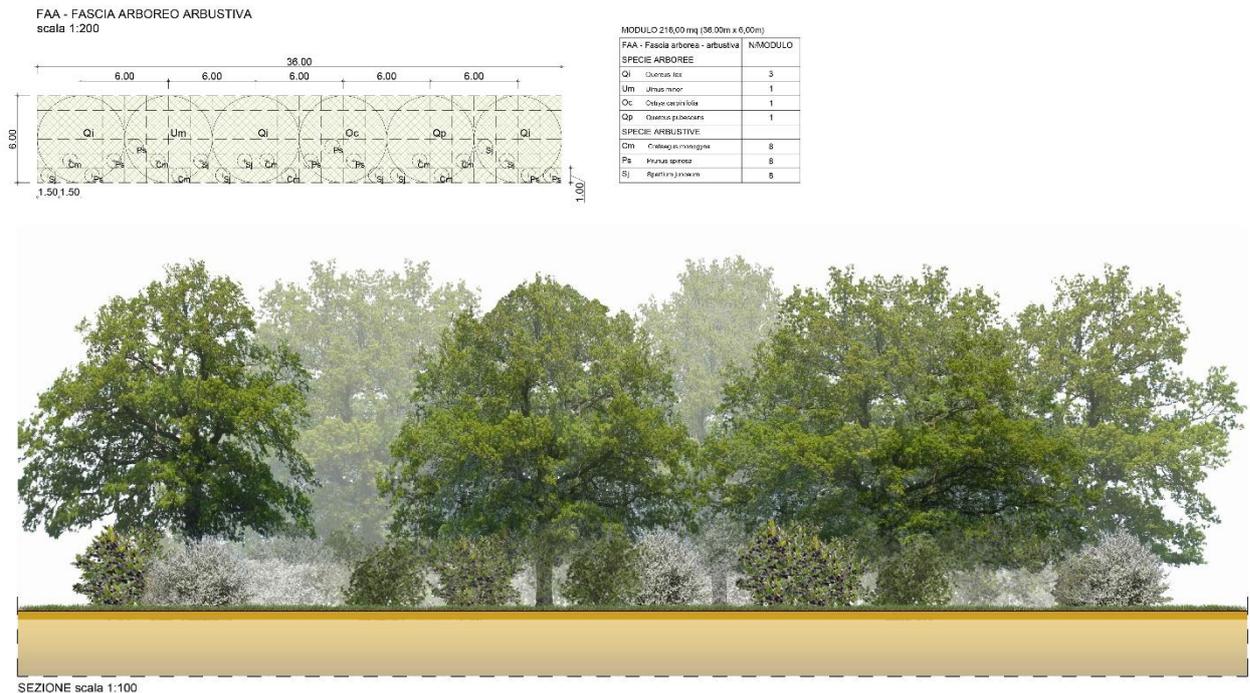
Si riportano di seguito gli elenchi delle specie vegetali utilizzate:

Tipo FAA

Fascia arboreo - arbustiva

MODULO 216,00mq (36,00m x 6,00m)

Specie arboree	n. /Modulo	n. tot	Dimensione d'impianto
<i>Quercus ilex</i>	3	29	Circ. fusto cm 10-12
<i>Quercus pubescens</i>	1	87	Circ. fusto cm 10-12
<i>Ulmus minor</i>	1	29	Circ. fusto cm 10-12
<i>Acer campestre</i>	1	29	Circ. fusto cm 10-12
Specie arbustive			
<i>Crataegus monogyna</i>	8	232	H. 0,80 -1,20 m
<i>Prunus spinosa</i>	8	232	H. 0,80 -1,20 m
<i>Spartium junceum</i>	8	232	H. 1,00 -1,20 m
	30	870	



Pianta e sezione fascia arboreo-arbustiva

La formazione della fascia arboreo-arbustiva interessa più tratti del tracciato, la distribuzione della tipologia d'intervento ha tenuto conto delle caratteristiche dell'infrastruttura stradale e del contesto. Il principale obiettivo è rappresentato dalla mitigazione visiva della strada, il cui mascheramento contribuisce notevolmente a garantire un'efficace soluzione d'inserimento paesaggistico dell'opera. Oltre ad incidere positivamente sugli impatti della componente paesaggistica, attraverso il mascheramento visivo, la fascia arboreo-arbustiva garantisce anche una riduzione degli impatti ambientali. In particolare, al pari delle strutture vegetali di tipo lineare (filari, siepi, sieponi), le fasce arboreo-arbustive assolvono ad importanti funzioni ecologiche, sia in termini di regolazione delle condizioni microclimatiche che dei flussi materici, abiotici e biotici.

Ulteriori benefici sono indotti sugli impatti relativi alla componente aria per la capacità rimediale delle fitomasse nel controllare i flussi d'aria ed assorbire gli inquinanti.

Gli impianti arboreo-arbustivi, infatti, esercitano un'azione di captazione delle polveri, con una intensità che varia in funzione dei caratteri fisici e morfologici delle specie impiegate, della localizzazione e dell'andamento dei fattori meteorologici. Le piante agiscono come filtri purificatori dell'aria intercettando quota parte dei contaminanti gassosi e del particolato trasportati dal vento. In particolare, il monossido di carbonio, il biossido d'azoto, l'anidride solforosa e l'ozono sono assorbiti dalle foglie, mentre polveri e particolati sono trattenute dai peli e dai composti cerosi presenti sulla superficie di queste ultime o dalle rugosità della corteccia, del tronco e dei rami.

14.4 Fascia arboreo arbustiva spondale (FAAS)

La fascia arboreo arbustiva spondale è di tipo polispecifico, il modulo tipo è costituito da numero 6 alberi disposti a schema libero e n. 24 arbusti disposti in successione lineare, su di un'area di lunghezza 19,00 m e larghezza 8.00 m (modulo 152,00 mq).

Si prevede l'impiego di quattro specie arboree disposte su più file, con sesto di impianto variabile, e due specie arbustive disposte su 2 file, con sesto di impianto pari a m 1.

E' previsto, inoltre, l'inerbimento a mezzo semina a spaglio con mezzi meccanici dell'area d'incidenza del modulo.

Si riportano di seguito gli elenchi delle specie vegetali utilizzate:

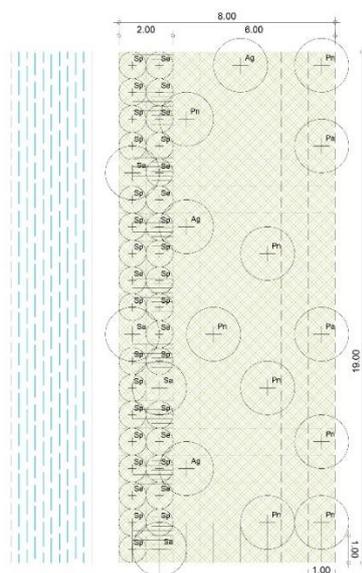
Tipo FAAS

Fascia arboreo - arbustiva spondale

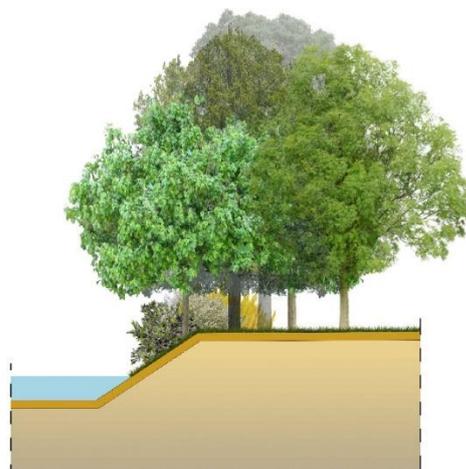
MODULO 152,00mq (19,00m x 8,00m)

Specie arboree	n. /Modulo	n. tot	Dimensione d'impianto
<i>Salix alba</i>	4	28	Circ. fusto cm 10-12
<i>Populus alba</i>	2	14	Circ. fusto cm 10-12
<i>Populus nigra</i>	8	56	Circ. fusto cm 10-12
<i>Alnus glutinosa</i>	3	21	Circ. fusto cm 10-12
Specie arbustive			
<i>Salix purpurea</i>	24	168	H. 0,80 -1,20 m
<i>Salix eleagnos</i>	10	70	H. 0,80 -1,20 m
	51	357	

FAAS - FASCIA ARBOREO ARBUSTIVA SPONDALE
scala 1:100



MODULO 152,00 mq (19,00m x 8,00m)		
FAAS - Fascia arboreo - arbustiva spondale		
SPECIE ARBOREE		
Ph	Platanus nigra	8
Sp	Salix alba	4
Ag	Ailanthus glandulosa	3
Pa	Prunella spinosa	2
SPECIE ARBUSTIVE		
Sp	Salix purpurea	24
Se	Salix eleagnos	10



Pianta e

sezione fascia arboreo-arbustiva spondale

La formazione della fascia arboreo-arbustiva di tipo ripariale interessa le sponde del fiume Aniene in corrispondenza dell'attraversamento del GRA, dove si prevede la realizzazione di due opere di scavalco per l'inserimento della viabilitàoplanare.

Il principale obiettivo è rappresentato dal ripristino ambientale delle fasce spondali che saranno interferite dalle attività di cantiere. In corrispondenza della sponda in sinistra idraulica ad ovest del GRA l'intervento si amplia fino a comprendere un'area degradata dove si è rilevata la presenza di esemplari arborei schiantati, probabilmente a seguito di un evento meteorico eccezionale.

14.5 Fascia arbustiva spondale (FAS)

La fascia arbustiva spondale è di tipo polispecifico, il modulo tipo è costituito da numero 76 arbusti disposti in successione lineare su quattro file e sesto di impianto pari a m 1, su di un'area di lunghezza 19,00 m e larghezza 4,00 m (modulo 76,00 mq).

La fascia è composta esclusivamente da salici arbustivi

Si riportano di seguito gli elenchi delle specie vegetali utilizzate:

Tipo FAS

Fascia arbustiva spondale

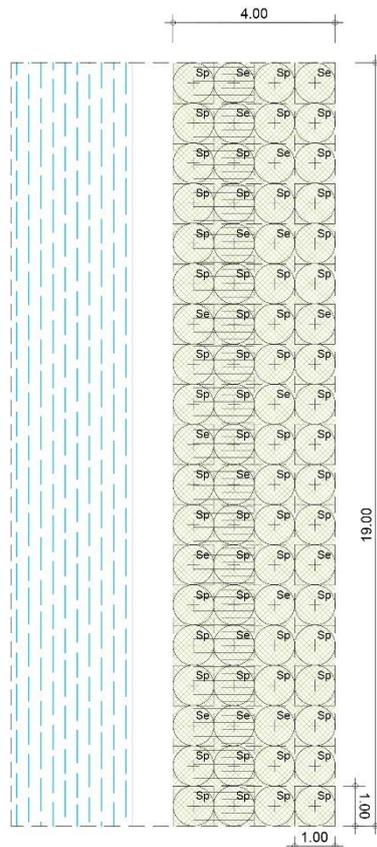
MODULO 76,00mq (19,00m x 4,00m)

Specie arbustive	n. /Modulo	n. tot	Dimensione d'impianto
<i>Salix purpurea</i>	58	3712	H. 0,80 -1,20 m
<i>Salix eleagnos</i>	18	1152	H. 0,80 -1,20 m

76

4864

FAS - FASCIA ARBUSTIVA SPONDALE
scala 1:100



MODULO 76,00 mq (19,00m x 4,00m)

SPECIE ARBUSTIVE	N/MODULO
Sp	58
Se	18



SEZIONE scala 1:100

Pianta e sezione fascia arbustiva spondale

La formazione della fascia arbustiva di tipo spondale è posizionata nei tratti delle sponde dove la prossimità delle opere stradali non consente la piantagione di alberi di alto fusto, tale intervento dal punto di vista della struttura e composizione è in continuità con la componente arbustiva, distribuita su due file della fascia arboreo arbustiva di tipo spondale.

L'intervento costituisce popolamenti ad andamento lineare di salici arbustivi, fra i quali domina in assoluto *Salix purpurea*, esso si attesta di sul ciglio di sponda fluviale e grazie alla sua limitata statura, ai fusti policormici e alla finissima ed elastica ramificazione, la specie tollera un elevato disturbo meccanico da parte delle piene stagionali eccezionali.

14.6 Alberature singole e/o a gruppo (AL)

E' prevista la piantagione di alberi singoli e/o a gruppi negli spazi di dimensioni ridotte, ma a distanza di sicurezza dal limite dell'opera stradale.

Le specie utilizzate sono le seguenti:

Tipo AL

Alberature singole e/o a gruppi

Specie arboree	N. totale	Dimensione d’impianto
<i>Acer campestre</i>	53	Circ. fusto cm 10-12
<i>Salix alba</i>	49	Circ. fusto cm 10-12
	102	

In particolare il Salice bianco è localizzato lungo le sponde dei bacini di laminazione, in associazione con i popolamenti di salici arbustivi.

14.7 Gruppo arbustivo tipo 1 (GA01)

Il modulo d’impianto, di superficie pari a 16 mq, è costituito da un quadrato di dimensione 4,00 m x 4,00 in cui si prevede la messa a dimora di n. 12 arbusti disposti con sesto di impianto paria a ca. 1m.

La disposizione degli arbusti prevista, per gruppi monospecifici, presenta numerosi vantaggi in termini di riduzione della competitività interspecifica, sviluppo armonico, visibilità degli esemplari secondo il gradiente di crescita, resa paesaggistica e soprattutto per gli effetti positivi sulla manutenzione.

Si prevede, inoltre, l’inerbimento a mano o con mezzi meccanici dell’area d’incidenza del modulo, con miscuglio così come da tipologico Semina a spaglio.

Si riportano di seguito l’elenco delle specie vegetali utilizzate:

Tipo GA1

Gruppo arbustivo tipo 1

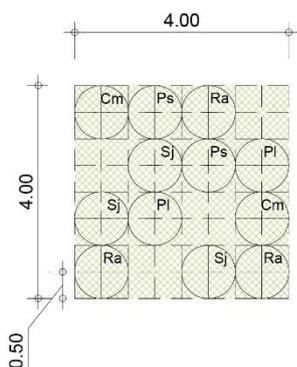
MODULO 16,00 mq (4,00 m x 4,00 m)

Specie arbustive	n. /Modulo	n. tot	Dimensione d’impianto
<i>Crataegus monogyna</i>	2	1122	H. 0,80 -1,20 m
<i>Prunus spinosa</i>	2	1122	H. 0,80 -1,20 m
<i>Rhamnus alaternus</i>	3	1683	H. 1,00 -1,20 m

<i>Spartium junceum</i>	3	1683	H. 1,00 -1,20 m
<i>Phillyrea latifolia</i>	2	1122	H. 1,00 -1,20 m

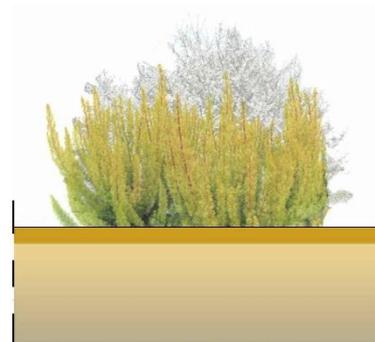
12	6732
-----------	-------------

GA1 - GRUPPO ARBUSTIVO
scala 1:100



MODULO 16,00 mq (4,00m x 4,00m)

GA1 - Gruppo arbustivo		N/MODULO
SPECIE ARBUSTIVE		
Cm	<i>Crataegus monogyna</i>	2
Ps	<i>Prunus spinosa</i>	2
Ra	<i>Rhamnus alaternus</i>	3
Sj	<i>Spartium junceum</i>	3
Pl	<i>Phillyrea latifolia</i>	2



SEZIONE scala 1:100

Pianta e sezione gruppo arbustivo tipo 1

La formazione arbustiva è il tipologico utilizzato per la caratterizzazione paesaggistica delle aree intercluse nei punti dove le distanze di sicurezza dal ciglio stradale non consentono la messa a dimora di alberature. Presenta arbusti con altezza massima di sviluppo pari a circa 4 m.

Si prevede, inoltre, l'inerbimento a mano o con mezzi meccanici dell'area d'incidenza del modulo, con miscuglio così come da tipologico Semina a spaglio.

14.8 Gruppo arbustivo tipo 2 (GA2)

Il modulo d'impianto, di superficie pari a 8,00 mq, è costituito da un rettangolo di dimensione 4,00 m x 2,00 in cui si prevede la messa a dimora di n. 6 arbusti disposti con sesto di impianto pari a 1 m.

La disposizione degli arbusti prevista, per gruppi monospecifici, presenta numerosi vantaggi in termini di riduzione della competitività interspecifica, sviluppo armonico, visibilità degli esemplari secondo il gradiente di crescita, resa paesaggistica e soprattutto per gli effetti positivi sulla manutenzione.

Si prevede, inoltre, l'inerbimento a mano o con mezzi meccanici dell'area d'incidenza del modulo, con miscuglio così come da tipologico Semina a spaglio.

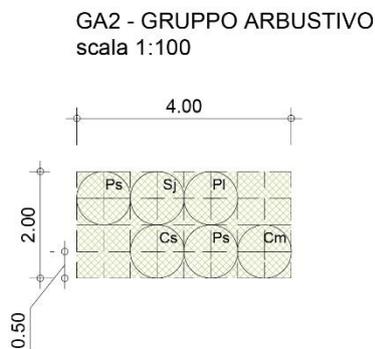
Si riportano di seguito l'elenco delle specie vegetali utilizzate:

Tipo GA2

Gruppo arbustivo tipo 2

MODULO 8,00 mq (4,00 m x 2,00 m)

Specie arbustive	n. /Modulo	n. tot	Dimensione d'impianto
<i>Crataegus monogyna</i>	1	69	H. 0,80 -1,20 m
<i>Prunus spinosa</i>	2	138	H. 0,80 -1,20 m
<i>Cytisus scoparius</i>	1	69	H. 1,00 -1,20 m
<i>Spartium junceum</i>	1	69	H. 1,00 -1,20 m
<i>Phillyrea latifolia</i>	1	69	H. 1,00 -1,20 m
	6	141	



MODULO 8,00 mq (4,00m x 2,00m)

GA2 - Gruppo arbustivo	N/MODULO
SPECIE ARBUSTIVE	
Cm	Crataegus monogyna 1
Ps	Prunus spinosa 2
Cs	Cytisus scoparius 1
Sj	Spartium junceum 1
Pl	Phillyrea latifolia 1



Pianta e sezione gruppo arbustivo tipo 2

La formazione arbustiva è il tipologico utilizzato per la caratterizzazione paesaggistica delle aree intercluse dello svincolo nei punti dove le distanze di sicurezza dal ciglio stradale non consentono la messa a dimora di alberature o di alberelli. Presenta arbusti con altezza massima di sviluppo pari a circa 4 m.

Si prevede l'inerbimento a mano o con mezzi meccanici dell'area d'incidenza del modulo, con miscuglio così come da tipologico Semina a spaglio.

14.9 Semina a spaglio (SP)

Il progetto prevede, preliminarmente alla messa a dimora delle piante arboree e arbustive, la copertura del suolo con prato polifita. L'affermazione, nelle prime fasi, di un prato polifita determinerà una stabilizzazione superficiale del suolo e l'attivazione della fertilità agronomica dello stesso (apporto di materiale organico, essudati radicali, detriti vegetali da sfalci, etc). Tale operazione costituirà la prima fase delle operazioni di riqualificazione ambientale vere e proprie e sarà seguita dalla piantagione delle specie arboree e arbustive.

Si propone l'utilizzo di una miscela mista di semi di *Poaceae* e *Fabaceae*, perché le prime offrono il vantaggio di una rapida crescita e, quindi un rapido rinverdimento, le seconde, grazie alla loro attività di azotofissatrici, garantiscono un naturale apporto di elementi azotati.

Si prevedono di utilizzare i seguenti miscugli di specie erbacee:

SPECIE ERBACEA	%
<i>Lolium perenne</i>	25
<i>Agrostis tenuis</i>	25
<i>Festuca ovina</i>	25
<i>Cynodon dactylon</i>	10

Si è ritenuto necessario proporre un miscuglio ricco in specie in modo da poter disporre di elementi con caratteristiche biologiche e biotecniche diversificate che, integrandosi, possono massimizzare i vantaggi di ciascuna specie con un effetto sinergico.

In particolare si sono indicate:

- Specie con architetture diverse, cioè forme di crescita scapose miste a forme cespitose e reptanti, in modo da rendere ottimale l'occupazione dello spazio e minimizzare gli eccessi di competitività;
- Specie con apparati radicali superficiali assieme a specie con sviluppo ipogeo più profondo, per migliorare l'effetto di consolidazione del substrato;
- Specie che hanno fenologie precoci e specie a sviluppo più tardivo, al fine di garantire una copertura continua nell'arco della stagione vegetativa;
- Specie annuali, che germinano facilmente e garantiscono una rapida copertura, ma non è certo che si ripresentino nello stesso spazio l'anno successivo, con specie perenni che assicurano invece un'occupazione stabile e continuativa dello spazio di loro pertinenza;

La copertura erbacea sarà realizzata attraverso la tecnica della semina a spaglio o meccanica.

I principali effetti positivi della semina del cotico erboso negli interventi di rinaturalizzazione sono i seguenti.

- Aumento della portanza del terreno. La presenza del cotico erboso e la migliore stabilità della struttura conferiscono al terreno una maggiore resistenza al calpestamento causato dalle macchine di lavorazione/manutenzione.
- Effetto pacciamante del cotico erboso. La presenza di una copertura erbosa ha un effetto di volano termico, riducendo le escursioni termiche negli strati superficiali. In generale i terreni inerbiti sono meno soggetti alle gelate e all'eccessivo riscaldamento.
- Aumento della permeabilità. La presenza di graminacee prative ha un effetto di miglioramento della struttura grazie agli apparati radicali fascicolati. Questo aspetto si traduce in uno stato di permeabilità più uniforme nel tempo: un terreno inerbito ha una minore permeabilità rispetto ad un terreno appena lavorato, tuttavia la

conserva stabilmente per tutto l'anno. La maggiore permeabilità protratta nel tempo favorisce l'infiltrazione dell'acqua piovana, riducendo i rischi di ristagni superficiali e di scorrimento superficiale.

- Protezione dall'erosione. I terreni, come nel caso specifico anche leggermente declivi, inerbiti sono meglio protetti dai rischi dell'erosione grazie al concorso di due fattori: da un lato la migliore permeabilità del terreno favorisce l'infiltrazione dell'acqua, da un altro la copertura erbosa costituisce un fattore di scabrezza che riduce la velocità di deflusso superficiale dell'acqua.
- Aumento del tenore in sostanza organica. Nel terreno inerbito gli strati superficiali non sono disturbati dalle lavorazioni pertanto le condizioni di aerazione sono più favorevoli ad una naturale evoluzione del tenore in sostanza organica e dell'umificazione. Quest'aspetto si traduce in una maggiore stabilità della struttura e, contemporaneamente, in un'attività biologica più intensa di cui beneficia la fertilità chimica del terreno.
- Sviluppo superficiale delle radici assorbenti. Negli arboreti lavorati le radici assorbenti si sviluppano sempre al di sotto dello strato lavorato pertanto è sempre necessario procedere all'interramento dei concimi fosfatici e potassici. Nel terreno inerbito le radici assorbenti si sviluppano fin sotto lo strato organico, pertanto gli elementi poco mobili come il potassio e il fosforo sono facilmente disponibili anche senza ricorrere all'interramento.

Migliore distribuzione degli elementi poco mobili lungo il profilo. La copertura erbosa aumenta la velocità di traslocazione del fosforo e del potassio lungo il profilo. Gli elementi assorbiti in superficie dalle piante erbacee sono traslocati lungo le radici e portati anche in profondità in breve tempo, mettendoli poi a disposizione delle radici arboree dopo la mineralizzazione.

14.10 Idrosemina (ID)

L'idrosemina è prevista sulle scarpate dei rilevati, delle trincee e dei paramenti delle terre rinforzate.

L'operazione si rende necessaria onde evitare fenomeni di erosione superficiale del suolo in pendenza. L'affermazione di una copertura erbacea determinerà una stabilizzazione superficiale del suolo e l'attivazione della fertilità agronomica dello stesso (apporto di materiale organico, essudati radicali, detriti vegetali da sfalci, etc).

Tale intervento svolge, inoltre, sia una funzione ambientale, impedendo la crescita e lo sviluppo di specie a carattere infestante e ruderale, e favorendo la creazione di habitat adatti all'insediamento della microfauna e al futuro sviluppo di forme di vegetazione più evolute (arbusteti e arboreti), che una funzione estetica, migliorando l'inserimento paesaggistico delle scarpate.

Si propone l'utilizzo di una miscela mista di semi di *Graminacee* e *Fabaceae*, perché le prime offrono il vantaggio di una rapida crescita e, quindi un rapido rinverdimento, le seconde, grazie alla loro attività di azotofissatrici, garantiscono un naturale apporto di elementi azotati.

Per l'inerbimento a mezzo idrosemina si cercherà di ricostituire la prateria tipica dei luoghi indagati utilizzando le seguenti specie erbacee autoctone:

SPECIE ERBACEA	%
<i>Brachypodium pinnatum</i>	15
<i>Dactylis glomerata</i>	20
<i>Lolium perenne</i>	15
<i>Bromus erectus</i>	10

<i>Agrostis tenuis</i>	10
<i>Festuca ovina</i>	10
<i>Anthyllis vulneraria</i>	5
<i>Poa bulbosa</i>	5
<i>Cynodon dactylon</i>	5
<i>Trifolium repens</i>	5

In relazione alla scelta delle specie e delle sementi da utilizzare si ritiene opportuno sottolineare la necessità di assicurarsi sulla provenienza delle sementi, per evitare l'inquinamento floristico che potrebbe essere fonte di malattie, attacchi fungini, ecc.

La copertura erbacea sarà realizzata attraverso la tecnica dell'idrosemina, distribuendo miscele eterogenee in veicolo acquoso costituite da miscuglio di sementi (40 g/mq) - concime organico minerale (100 gr/mq) - humus (200 gr/mq) - collante (15 gr/mq) - mulch (150 gr/mq).

15 MONITORAGGIO AMBIENTALE

Oggetto del presente capitolo è quello di fornire le indicazioni per l'esecuzione di un Piano di Monitoraggio Ambientale correlato alla realizzazione del progetto in esame, affrontando gli aspetti maggiormente significativi delle condizioni ambientali dell'area.

Un piano di monitoraggio assume valenza di strumento operativo per la verifica delle previsioni delle precedenti fasi progettuali e dello studio di impatto ambientale, e la sua prescrizione costituisce un fondamentale elemento di garanzia affinché il progetto sia concepito e realizzato nel pieno rispetto delle esigenze ambientali.

A tal proposito il PMA dovrà perseguire diverse finalità che rendono conto dell'iter procedurale ambientale cui il progetto è stato sottoposto. Il PMA inoltre dovrà far fronte a tutte le possibili occorrenze non paventate nella stesura previsionale di riferimento; in questo modo, si potrebbero studiare in tempo reale le contromisure per le problematiche riscontrate, così come appurare l'effettiva adeguatezza delle eventuali opere di mitigazione. In ultima istanza il Piano dovrà presentare tutti gli elementi utili per la verifica della corretta esecuzione degli accertamenti e del recepimento delle eventuali prescrizioni da parte di Enti di controllo.

In generale le finalità proprie del Piano sono così sintetizzabili:

- Correlare gli stati ante-operam, in corso d'opera e post-operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione ambientale.
- Garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare prontamente eventuali situazioni non previste e/o criticità ambientali e di predisporre ed attuare tempestivamente le necessarie azioni correttive (Sistema di gestione ambientale del progetto).
- Verificare l'efficacia delle misure di mitigazione.
- Fornire agli Enti di controllo di competenza territoriale gli elementi di verifica necessari per la corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio.

In accordo con le indicazioni sinora riportate, uno degli aspetti più interessanti delle indagini di accertamento ambientale rende conto della sua articolazione temporale che prevede l'accertamento dei parametri di interesse durante le diverse fasi della vita di un'opera, da prima della sua cantierizzazione fino al suo esercizio; a tal riguardo questo dovrà essere scandito secondo tre distinti momenti: monitoraggio ante-operam, corso d'opera e post-operam.

- Monitoraggio ante-operam, che si conclude prima dell'inizio di attività interferenti con la componente ambientale.

Il monitoraggio ante operam sarà predisposto per accertare lo stato fisico dei luoghi e le caratteristiche originarie dell'ambiente naturale ed antropico; la sua definizione è un aspetto fondamentale nella lettura critica degli effetti di un'opera sull'ambiente e consentirà di valutarne la sostenibilità fornendo il termine di paragone per la valutazione dello "stato ambientale attuale" nei vari stadi di avanzamento lavori.

- Monitoraggio in corso d'opera, che comprende tutto il periodo di realizzazione dell'opera, dall'apertura del cantiere fino al completo smantellamento. Il monitoraggio in corso d'opera avrà luogo durante tutto il corso delle lavorazioni, secondo i tempi e le modalità più opportune a caratterizzare e a verificare gli impatti. La sua realizzazione serve a valutare l'evoluzione degli indicatori ambientali nel tempo, affinché emerga l'effettiva incidenza degli impatti sulle componenti ambientali e sia possibile definire una modellizzazione del fenomeno, utile alla stesura di eventuali correttivi per la

mitigazione; in tale fase sarà possibile inoltre acclarare ulteriori ed impreviste dinamiche di impatto, che richiederanno pur anche la rielaborazione di alcune decisioni progettuali. La sua funzione assurge a strumento di prevenzione e precauzione, predisponendo una sorta di sistema di allerta per il contenimento del danno ambientale e la pianificazione delle rispettive contromisure.

- Monitoraggio post-operam, comprendente le fasi di pre-esercizio ed esercizio dell’operoggetto del monitoraggio, la cui durata è funzione sia della componente indagata sia della tipologia dell’Opera. Il monitoraggio post operam viene effettuato durante la fase di esercizio. I valori ottenuti dalla campagna di acquisizione dati una volta confrontati con le determinazioni ante-operam consentiranno la determinazione degli scarti apprezzati negli indicatori ambientali, e di valutare dunque eventuali deviazioni rispetto alle attese modellistiche.

Tutto ciò assume una grande importanza perché potrebbe portare all’accettazione delle opere dimitigazione e compensazione ambientale allegate al progetto, o richiederne l’integrazione; il fine prioritario di tale campagna resta comunque quello di controllare che l’insieme dei parametri prescelti per la caratterizzazione dello stato ambientale non superino i limiti ammissibili per legge.

15.1 COMPONENTI AMBIENTALI MONITORATE

15.1.1 Premessa

In seguito alla valutazione degli aspetti ambientali che caratterizzano il territorio, nonché considerando quanto evidenziato dal Progetto della Cantierizzazione delle opere in oggetto, si prevede che il monitoraggio ambientale interessi le seguenti componenti ambientali:

- ATMOSFERA;
- RUMORE;
- SUOLO E SOTTOSUOLO;
- ACQUE SUPERFICIALI;
- ACQUE SOTTERRANEE.

La significatività degli impatti in relazione alle componenti ambientali risulta variabile in funzione della presenza e sensibilità dei ricettori, della tipologia di opera interferita, della tipologia e durata delle lavorazioni.

I punti di misura sono stati scelti tenendo conto dei possibili impatti delle lavorazioni e dell’opera sull’ambiente naturale ed antropico esistente.

Ogni punto di monitoraggio viene indicato con una stringa alfanumerica (es. ATM01, RUM01, ecc.) in cui le prime lettere indicano la componente ambientale monitorata nel punto ed il numero finale indica la numerazione progressiva dei punti per ciascuna componente ambientale dovrà essere prevista la conservazione del primo strato di terreno rimosso nei lavori di sbancamento e movimento terra, particolarmente ricco di semi, radici, rizomi, microrganismi decompositori, larve, invertebrati, nonché il successivo riutilizzo nei lavori di mitigazione e ripristino ambientale;

ID	COMPONENTE
RU	Rumore
ATM	Atmosfera

SU	Acque sotterranee
SO	Acque superficiali
SUO	Suolo
PA	Paesaggio

15.1.2 Rumore

OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Obiettivi del monitoraggio ambientale del rumore sono i seguenti:

- Verificare la conformità alle previsioni di impatto individuate nel SIA per quanto attiene la fase di esercizio dell’Opera.
- Verificare la conformità alle previsioni di impatto individuate nel SIA per quanto attiene la fase di costruzione dell’Opera.
- Garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare prontamente eventuali situazioni non previste e/o criticità ambientali e di predisporre ed attuare tempestivamente le necessarie azioni correttive.

Gli obiettivi sono perseguiti mediante una serie di indagini da eseguirsi in corrispondenza di opportuni siti durante tre finestre temporali successive.

- Fase Ante opera: Periodo temporale immediatamente antecedente all’inizio delle attività lavorative
- Fase di Corso d’opera: Periodo temporale in cui si svolgono le attività lavorative necessarie alla costruzione dell’opera
- Fase Post opera: Periodo temporale successivo all’entrata in esercizio dell’opera

I siti in cui effettuare le verifiche di cui agli obiettivi sopradescritti sono state scelti in aree interne alla fascia di pertinenza acustica dell’infrastruttura di trasporto stradale e in prossimità dei cantieri e del fronte di avanzamento dei lavori. In questi siti, nella fase ante e post opera, verranno eseguiti degli accertamenti mirati a valutare i livelli di rumore immesso nell’ambiente esterno dall’esercizio della nuova infrastruttura. Si dovrà verificare che i livelli di rumore dovuti al traffico veicolare siano in linea con le previsioni progettuali e che siano rispettati i limiti legislativi imposti dal DPR 142/2004.

In fase ante Operam e corso d’opera, verranno inoltre eseguiti degli accertamenti mirati a valutare i livelli di rumore immesso nell’ambiente interno ed esterno dalle operazioni di costruzione dell’infrastruttura stradale. Si dovrà verificare che i livelli di rumore dovuti alle attività di cantiere siano in linea con le previsioni progettuali e che siano rispettati i limiti legislativi imposti dalla zonizzazione acustica comunale o dal DPR 142/2004 (per i rumore dovuto al transito dei mezzi di cantiere).

IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I siti di monitoraggio individuati sono riportati nelle “Schede monografiche delle stazioni di monitoraggio” allegate alla relazione specialistica T00_MO00_MOA_RE01_A. Detti siti sono anche riportati “Planimetria ubicazione punti di misura T00_MO00_MOA_PL01.

Sono stati previsti:

- n°3 siti in cui verranno eseguite indagini di tipo RU-TR
- n°3 siti in cui verranno eseguite indagini di tipo RU-TV

- n°3 siti in cui verranno eseguite indagini di tipo RU-CF

Codifica attività	Tipo attività	Obiettivo	AO	CO	PO	Sorgente/ Azioni di Progetto
RU-TR-001	TR+TV	Valutazione in maniera quantitativa della situazione acustica ambientale che s'instaurerà ad opera realizzata e confronto con gli indicatori definiti nello "stato di zero".	1 volta		1 volta	Complanare esterna -Tratto 8
RU-TR-002	TR+TV	Valutazione in maniera quantitativa la situazione acustica ambientale che s'instaurerà ad opera realizzata e confronto con gli indicatori definiti nello "stato di zero".	1 volta		1 volta	Complanare esterna -Tratto 6-7
RU-TR-003	TR+TV	Valutazione in maniera quantitativa la situazione acustica ambientale che s'instaurerà ad opera realizzata e confronto con gli indicatori definiti nello "stato di zero".	1 volta		1 volta	Complanare interna -Tratto 3
RU-CF-001	CF	Valutazione del Rumore dovuto alle attività di cantiere.		Trimestrale		Complanare esterna -Tratto 8
RU-CF-002	CF	Valutazione del Rumore dovuto alle attività di cantiere.		Trimestrale		Complanare esterna -Tratto 6
RU-CF-003	CF	Valutazione del Rumore dovuto alle attività di cantiere.		Trimestrale		Complanare interna -Tratto 4

METODICHE DI INDAGINE

Indagini RU-TR

Queste indagini consistono in misure fonometriche in ambiente esterno in corrispondenza di un ricettore esposto verso una sorgente di traffico veicolare. L'indagine sarà condotta con l'obiettivo "Valutazione del Rumore dovuto ai futuri traffici veicolari" per tanto il microfono dovrà essere posizionato in corrispondenza della facciata esposto verso la nuova strada. Il microfono dovrà essere posizionato all'altezza di 4 metri sul piano campagna e ad una distanza di 1 metro dalla facciata dell'edificio. Nel caso di edifici monopiano l'altezza del microfono dal piano campagna dovrà essere di 1,5 m. L'indagine sarà eseguita in continuo e avrà una durata di almeno una settimana in conformità con quanto prescritto dal D.M.A. 16.03.1998: "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico". Si ritiene opportuno che la misura abbia una durata tale da garantire all'interno almeno n°7 periodi di riferimento diurni e notturni interi e consecutivi. La grandezza acustica primaria oggetto dei rilevamenti è il livello sonoro ponderato A in funzione della variabile temporale t: $L_A(t)$. Essa viene determinata effettuando un'integrazione dei segnali acquisiti su un periodo temporale pari ad 1 minuto. Il risultato della determinazione della grandezza acustica primaria è rappresentato in forma grafica attraverso la funzione $L_{A,eq}$ (1 minuto), che fornisce la time history della rumorosità ambientale. La scelta di rappresentare i valori di $L_{A,eq}$ integrati su 1 minuto è imposta dalla necessità di ottenere una time history in qualche maniera leggibile. Un rappresentazione troppo fitta, infatti, si risolve in un diagramma costituito da numerose "macchie" formate dall'addensamento di una serie di picchi che si susseguono nel tempo e che fornisce una modestissima visualizzabilità

della variazione del livello sonoro. I valori ottenuti con questa tecnica sono ulteriormente integrati su un periodo temporale pari ad un'ora, ottenendo la grandezza $L_{Aeq}(1h)$ per tutto l'arco della giornata (24 ore) e per tutta la settimana (168 ore). I valori di $L_{Aeq}(1h)$ sono successivamente mediati su base energetica sui due periodi di riferimento allo scopo di ottenere i Livelli Equivalenti Continui diurno (06-22) e notturno (22-06).

Allo scopo di ottenere ulteriori informazioni sulle caratteristiche della situazione acustica delle aree oggetto del MA, vengono determinati anche i valori su base oraria dei livelli statistici cumulativi $L_1, L_{10}, L_{30}, L_{50}, L_{90}, L_{99}$. E' possibile, quindi, ottenere indicazioni su come si distribuiscono statisticamente nel tempo i livelli di rumorosità ambientale.

In definitiva per le misure RU-TR, dovranno essere rilevati ed elaborati per una settimana in continuo i seguenti parametri acustici:

- time history degli Short Leq, ovvero dei valori del $L_{A,eq}$ rilevati con tempo di integrazione pari ad 1 minuto.
- $L_{A,eq}$ con tempo di integrazione di 1 ora;
- Valori su base oraria dei livelli statici cumulativi $L_1, L_{10}, L_{30}, L_{50}, L_{90}, L_{99}$;
- $L_{A,eq}$ sul periodo diurno (06-22) per i sette giorni consecutivi
- $L_{A,eq}$ sul periodo notturno (22-06) per i sette giorni consecutivi;
- Livelli medi settimanali diurni e notturni ottenuti come media energetica dei 7 livelli giornalieri.

Nel corso della campagna di monitoraggio saranno rilevati i seguenti parametri meteorologici:

- Temperatura;
- Velocità e direzione del vento;
- Presenza/assenza di precipitazioni atmosferiche;
- Umidità.

Le misurazioni di tali parametri saranno effettuate allo scopo di determinare le principali condizioni climatiche, caratteristiche dei bacini acustici di indagine e di verificare il rispetto delle prescrizioni normative, che sottolineano di non effettuare rilevazioni fonometriche nelle seguenti condizioni meteorologiche:

- velocità del vento > 5 m/sec;
- presenza di pioggia e di neve.

I parametri saranno rilevati con intervallo di campionamento orario.

Nelle elaborazioni dei livelli equivalenti orari e giornalieri, verranno “mascherati” gli short leq associati a intervalli temporali con valori dei parametri meteorologici fuori normativa. Parimenti verranno mascherati gli short leq dovuti ad eventi chiaramente anomali rispetto al clima acustico generale dell'area.

La misura fonometrica sarà considerata complessivamente valida se gli intervalli temporali mascherati non supereranno il 25% della durata complessiva del rilievo.

Indagini RU-CF

Queste indagini consistono in misure fonometriche in ambiente esterno in corrispondenza di un ricettore esposto verso i cantieri e/o le lavorazioni che saranno posti in essere per la costruzione della nuova infrastruttura. Il microfono dovrà essere posizionato in corrispondenza della facciata esposta verso il cantiere e/o fronte avanzamento lavori, dovrà essere posizionato all'altezza di 4 metri sul piano campagna e ad una distanza di 1 metro dalla facciata dell'edificio. Nel caso di edifici monopiano l'altezza del microfono dal piano campagna dovrà essere di 1,5 m.

L'indagine sarà eseguita in continuo e avrà una durata di 24 h. Si ritiene opportuno che la misura abbia una durata tale da garantire all'interno almeno un periodo di riferimento diurno e notturno interi e consecutivi.

La grandezza acustica primaria oggetto dei rilevamenti è il livello sonoro ponderato A in funzione della variabile temporale t : $L_A(t)$. Essa viene determinata effettuando un'integrazione dei segnali acquisiti su un periodo temporale pari ad 1 minuto. Il risultato della determinazione della grandezza acustica primaria è rappresentato in forma grafica attraverso la funzione $L_{A,eq}$ (1 minuto), che fornisce la time history della rumorosità ambientale. La scelta di rappresentare i valori di $L_{A,eq}$ integrati su 1 minuto è imposta dalla necessità di ottenere una time history in qualche maniera leggibile. Un rappresentazione troppo fitta, infatti, si risolve in un diagramma costituito da numerose “macchie” formate dall'addensamento di una serie di picchi che si susseguono nel tempo e che fornisce una modestissima visualizzabilità della variazione del livello sonoro. I valori ottenuti con questa tecnica sono ulteriormente integrati su un periodo temporale pari ad un'ora, ottenendo la grandezza $L_{Aeq}(1h)$ per tutto l'arco della giornata (24 ore). I valori di $L_{Aeq}(1h)$ sono successivamente mediati su base energetica sui due periodi di riferimento allo scopo di ottenere i Livelli Equivalenti Continui diurno (06-22) e notturno (22-06).

Allo scopo di ottenere ulteriori informazioni sulle caratteristiche della situazione acustica delle aree oggetto del MA, vengono determinati anche i valori su base oraria dei livelli statistici cumulativi L1, L10, L30, L50, L90, L99. E' possibile, quindi, ottenere indicazioni su come si distribuiscono statisticamente nel tempo i livelli di rumorosità ambientale.

In definitiva per le misure RU-CF, dovranno essere rilevati ed elaborati per 24h i seguenti parametri acustici:

- time history degli Short Leq, ovvero dei valori del $L_{A,eq}$ rilevati con tempo di integrazione pari ad 1 minuto.
- $L_{A,eq}$ con tempo di integrazione di 1 ora;
- Valori su base oraria dei livelli statici cumulativi L1, L10, L30; L50, L90, L99;
- $L_{A,eq}$ sul periodo diurno (06-22) ;
- $L_{A,eq}$ sul periodo notturno (22-06).

Nel corso della campagna di monitoraggio saranno rilevati i seguenti parametri meteorologici:

- Temperatura;
- Velocità e direzione del vento;
- Presenza/assenza di precipitazioni atmosferiche;
- Umidità.

Le misurazioni di tali parametri saranno effettuate allo scopo di determinare le principali condizioni climatiche, caratteristiche dei bacini acustici di indagine e di verificare il rispetto delle prescrizioni normative, che sottolineano di non effettuare rilevazioni fonometriche nelle seguenti condizioni meteorologiche:

- velocità del vento > 5 m/sec;
- presenza di pioggia e di neve.

I parametri saranno rilevati con intervallo di campionamento orario.

Nelle elaborazioni dei livelli equivalenti orari e giornalieri, verranno “mascherati” gli short leq associati a intervalli temporali con valori dei parametri meteorologici fuori normativa. Parimenti verranno mascherati gli short leq dovuti ad eventi chiaramente anomali rispetto al clima acustico generale dell'area e non attribuibili ad attività di cantiere.

La misura fonometrica sarà considerata complessivamente valida se gli intervalli temporali mascherati non supereranno il 25% della durata complessiva del rilievo.

Per finire si sottolinea la necessità di rilevare, durante tutta la misurazione, il verificarsi di eventi anomali rispetto al clima acustico tipico dell'area e non attribuibili ad attività di cantiere che andranno necessariamente mascherati in fase di post elaborazione delle misure.

15.1.3 13.1.3 Atmosfera

OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Le attività di monitoraggio, definite in funzione della sensibilità e vulnerabilità del territorio alle azioni di progetto e della trasformazione indotta dalla realizzazione dell'Opera, hanno lo scopo di:

- Valutare la significatività del contributo delle attività di costruzione delle opere stradali in oggetto al potenziale peggioramento della qualità dell'aria relativamente ai parametri interferiti ed in particolare quello delle polveri;
- Proteggere i recettori sensibili da alterazioni anche locali dello stato di qualità dell'aria, e controllare, intervenendo con opportune misure mitigative, il potenziale superamento dei livelli di qualità dell'aria fissati sul territorio nazionale per la protezione della salute umana e dell'ambiente.

Il monitoraggio è finalizzato sia a definire lo stato ambientale nei riguardi della componente atmosfera a livello di area vasta, sia in corrispondenza dei ricettori e delle aree interessate dalle lavorazioni e dai transiti dei mezzi d'opera.

Nello specifico fase per fase dovranno essere valutati:

Fase ante Operam: si dovranno indagare i livelli di “zero” degli inquinanti che verranno emessi sia nel corso delle attività di costruzione, sia per effetto dell'esercizio dell'infrastruttura una volta completata.

Fase corso opera, si dovranno monitorare:

- Gli impatti delle polveri determinate dalle lavorazioni di cantiere (realizzazione cumuli di inerti, impianti di vagliatura e selezione, impianti di betonaggio, ecc.);
- Gli impatti delle polveri e degli inquinanti gassosi determinati dalle attività connesse con le aree di lavoro per la realizzazione dell'opera, in particolare quelle generate dal traffico dei mezzi di cantiere e quelle di movimento terre (emissioni allo scarico dei mezzi d'opera, piste di cantiere, viabilità di servizio, ecc.).

Fase post Operam: si dovranno valutare i livelli di quelle sostanze inquinanti legate al transito degli autoveicoli che usufruiscono della nuova via di comunicazione e verificare il ripristino delle condizioni ante Operam una volta dismessi i cantieri lungo le aree attraversate dal tracciato di progetto.

Il monitoraggio dovrà riguardare quindi sia le aree limitrofe ai cantieri e alla viabilità di servizio, sia le aree potenzialmente impattate in fase di esercizio dall'infrastruttura stradale.

L'intera attività di monitoraggio sommariamente descritta in precedenza avrà lo scopo di riscontrare eventuali superamenti delle soglie ammissibili fornendo al contempo i dati di base per la determinazione delle misure correttive.

Le soglie d'impatto dovranno essere fissate prima dell'inizio della fase di monitoraggio corso opera, come un parametro di buon senso definito a partire dalle soglie normative (qualora esistenti per lo specifico inquinante monitorato) e i valori dello stesso parametro determinati nel corso del monitoraggio ante opera.

IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I siti di monitoraggio individuati sono riportati nelle “Schede monografiche delle stazioni di monitoraggio” allegate alla relazione specialistica T00_MO00_MOA_RE02_A. Detti siti sono anche riportati “Planimetria ubicazione punti di misura T00_MO00_MOA_PL01.

Sono stati previsti:

- n°3 siti in cui verranno eseguite indagini sia per il monitoraggio inquinanti che polveri

CODICE STAZIONE	SUB-COMPONENTE	COORDINATE	AO	CO	PO
ATM-01	Campionatore sequenziale	300757.31 m E 4645938.30 m N	X	X	X
ATM-01	Laboratorio mobile	300757.31 m E 4645938.30 m N	X		X
ATM-02	Campionatore sequenziale	301277.98 m E 4644986.17 m N	X	X	X
ATM-02	Laboratorio mobile	301277.98 m E 4644986.17 m N	X		X
ATM-03	Campionatore sequenziale	301305.27 m E 4644618.42 m N	X	X	X
ATM-03	Laboratorio mobile	301305.27 m E 4644618.42 m N	X		X

PARAMETRI DA MONITORARE

Gli indicatori della qualità dell’aria che sono stati scelti per il monitoraggio poiché correlabili alle attività per i lavori di completamento alla statale dallo svincolo di S. Marco dei Cavoti a S. Bartolomeo in Galdo.

- Il particolato avente diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (PM₁₀): derivano dalle emissioni prodotte dal traffico veicolare su gomma, a seguito dell’usura di freni e pneumatici e al risollevarsi di polveri, depositate sulla carreggiata. Esse hanno la caratteristica di penetrare nel tratto superiore delle vie aeree o tratto extratoracico (cavità nasali, faringe e laringe) causando irritazioni, secchezza, infiammazioni del naso e della gola e fenomeni di sensibilizzazione sfocianti anche in manifestazioni allergiche.
- Il particolato avente diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm (PM_{2,5}): è costituito dal 60% dal PM₁₀, che ne rappresenta la frazione più piccola, e dai prodotti derivanti dalle reazioni chimico - fisiche tra i gas di scarico degli autoveicoli ed alcuni elementi presenti nell’atmosfera. Il PM_{2,5} è anche definito come “frazione respirabile” poiché ha la caratteristica di penetrare fino alle parti più inferiori dell’apparato respiratorio o tratto tracheo-bronchiale (trachea, bronchi, alveoli polmonari) provocando gravi malattie respiratorie e inducendo formazioni neoplastiche.
- Inquinanti gassosi prodotti dal flusso di mezzi pesanti: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO₂), ossidi di azoto (NO e NO₂) ed ozono (O₃).
- Benzene C₆H₆: Il benzene (C₆H₆) è il più semplice degli idrocarburi aromatici ed è uno dei composti organici più utilizzati. Il benzene presente in atmosfera deriva da processi di combustione incompleta sia di natura antropica (veicoli a motore), che naturale (incendi, decomposizione di materia organica). La maggior fonte emissiva è costituita dai gas di scarico dei veicoli a motore, alimentati con benzina (principalmente auto e mezzi pesanti), essendo presente come antidetonante nelle benzine “verdi”. Il benzene rilasciato dai veicoli deriva dalla frazione di carburante incombusto, da reazioni di trasformazione di altri idrocarburi e, in parte, anche dall’evaporazione che si verifica durante la preparazione, la distribuzione e lo stoccaggio delle benzine, ivi comprese le fasi di marcia e sosta prolungata dei veicoli.

ANTE OPERA

Nella fase AO verranno utilizzati per il Campionamento ed analisi di materiale particolato i campionatori sequenziali posti in corrispondenza dei ricettori, mentre per gli inquinanti gassosi si farà uso di laboratori mobili.

In concomitanza con il rilievo delle polveri e degli inquinanti gassosi, sarà prevista la misura contestuale dei dati meteorologici tramite centraline meteo.

CORSO D’OPERA

Nella fase di corso d’opera il rilievo delle polveri, sarà effettuato nelle stesse postazioni già monitorate in AO, utilizzando campionatori sequenziali.

In concomitanza con il rilievo delle polveri, sarà prevista la misura dei dati meteorologici tramite centraline meteo.

In fase CO si rileveranno anche le attività svolte dal cantiere, mediante redazione di un’apposita relazione descrittiva da predisporre sulla base di informazioni raccolte direttamente e tramite la Direzione Lavori.

POST OPERA

I parametri da rilevare in fase di PO saranno gli stessi già previsti per la fase AO, i laboratori mobili saranno ubicati in corrispondenza dei ricettori posti in prossimità delle aree che saranno attraversate dal nuovo tracciato di progetto, in quanto i dati rilevati da tali campionamenti saranno utili per la verifica:

- Delle stime effettuate in fase di studio preliminare degli inquinanti generati dal traffico veicolare nella fase di esercizio;
- Del rispetto dei voli limite imposti dalla normativa vigente.

Il rilievo dei parametri avverrà con la stessa strumentazione già indicata per la fase di ante e corso d’opera, e cioè utilizzando a seconda dei casi, campionatori sequenziali, laboratori mobili e centraline meteo.

Le postazioni di rilievo previste nel presente PMA utilizzeranno le tecniche precedentemente esplicitate in funzione della fase di monitoraggio. La tabella successiva mostra le tecniche di campionamento previste all’interno del presente PMA, caratterizzando ognuna con un codice univoco per una più immediata identificazione:

Ante opera		Corso d’opera		Post opera	
Inquinanti monitorati	Tecnica di misura	Inquinanti monitorati	Tecnica di misura	Inquinanti monitorati	Tecnica di misura
PM10	Campionatori sequenziali	PM10	Campionatori sequenziali	PM10	Campionatori sequenziali
PM2,5		PM2,5		PM2,5	
CO	Laboratori mobili			CO	Laboratori mobili
O ₃				O ₃	
SO ₂				SO ₂	
No _x				No _x	
BENZENE				BENZENE	
Velocità del vento	Centralina meteo	Velocità del vento	Centralina meteo	Velocità del vento	Centralina meteo
Direzione del vento		Direzione del vento		Direzione del vento	

Ante opera		Corso d'opera		Post opera	
Inquinanti monitorati	Tecnica di misura	Inquinanti monitorati	Tecnica di misura	Inquinanti monitorati	Tecnica di misura
Umidità relativa		Umidità relativa		Umidità relativa	
Temperatura		Temperatura		Temperatura	
Precipitazioni atmosferiche		Precipitazioni atmosferiche		Precipitazioni atmosferiche;	
Pressione barometrica		Pressione barometrica		Pressione barometrica	
Radiazione solare		Radiazione solare		Radiazione solare	

15.1.4 13.1.4 Acque superficiali

OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Lo scopo principale del monitoraggio delle acque superficiali sarà quello di controllare e prevenire, al meglio delle attuali conoscenze e prassi di lavoro, le alterazioni quali-quantitative all'interno dei reticoli idrografici, tenuto conto delle potenziali criticità individuate nell'ambito dello studio di impatto ambientale e degli aggiornamenti ed approfondimenti condotti per il progetto definitivo (relazioni tra le attività necessarie per la realizzazione dell'opera e la sensibilità della risorsa idrica superficiale).

Il monitoraggio dovrà essere in grado di produrre dati che siano confrontabili con i criteri normativi concernenti le diverse componenti ambientali, e che allo stesso tempo siano dotati di una risoluzione sufficiente per consentire di verificare se le variazioni misurate siano imputabili all'Opera o siano viceversa variazioni che si sarebbero verificate indipendentemente dalla sua realizzazione.

Pertanto, i principi di seguito descritti dovranno essere rispettati durante l'esecuzione delle attività di monitoraggio:

- Corretta individuazione della distribuzione e frequenza spaziale e temporale delle misure;
- Solido approccio statistico per la gestione dell'incertezza dei dati. Relativamente a questo aspetto, per ciascuna categoria di misura quantitativa, nell'ambito delle diverse componenti monitorate, vengono indicati quali sono i criteri statistici che verranno utilizzati per la valutazione dell'incertezza statistica delle misure, unitamente alle metodologie specifiche atte ad incrementare l'affidabilità delle misure;
- Procedura definita univocamente per la validazione e la post-elaborazione dei dati.

Le metodologie di analisi proposte sono state selezionate nell'ottica di perseguire i migliori risultati in termini di efficienza e affidabilità e di garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso.

Alla luce quanto sopra esposto il monitoraggio della componente acque superficiali focalizza il controllo, mediante l'analisi dell'andamento di specifici indicatori e di valutazioni causa-effetto, sulla seguente tipologia di ricettori:

- I corpi idrici potenzialmente interessati dalle alterazioni dirette o indirette provocate dai cantieri e dalle lavorazioni;
- La presenza di sorgenti puntuali di interferenza (es. scarichi idrici, serbatoi etc.);
- Le eventuali modifiche del reticolo idrografico superficiale dovute alla costruzione di rilevati;

- L'efficacia delle misure di prevenzione adottate e di quelle correttive eventualmente attuate in caso di anomalie.

Tale verifica verrà effettuata mediante la programmazione di mirati sopralluoghi ed osservazioni che avranno lo scopo di evidenziare possibili interferenze da parte delle lavorazioni in esame rapportate agli esiti del rilevamento in situ e delle analisi di laboratorio (parametri idrologici, fisico-chimici delle acque e di qualità biologica ed ecologica delle acque).

Sarà infine obiettivo del monitoraggio la corrispondenza con gli obiettivi dei piani regionali di tutela delle acque e di fornire utili informazioni integrative in riferimento all'area interessata dalle lavorazioni.

Il monitoraggio della componente acque superficiali dovrà essere condotto per l'intera durata dei lavori di realizzazione dell'Opera stradali, e dovrà essere articolato nelle seguenti fasi temporali:

- Fase di monitoraggio *ante Operam*, prima dell'inizio dei lavori;
- Fase di monitoraggio *in corso d'opera* della durata pari alla fase di realizzazione dell'Opera;
- Fase di monitoraggio *post Operam* della durata di un anno solare successivo alla completa realizzazione dell'Opera.

In considerazione del fatto che tutto il territorio in esame è caratterizzato da una ridotta lunghezza dei numerosi corsi d'acqua (fiumare), da una significativa ampiezza degli alvei nel tratto vallivo e da una rilevante variabilità temporale delle portate, sino a condizioni di secca, l'attività di monitoraggio potrà essere condizionata da una certa discontinuità nel prelievo di campioni e nell'effettuazione di indagini di qualità biologica. Tutti i risultati saranno pertanto sempre correlati con particolare attenzione alle condizioni degli alvei al momento dei rilievi e all'andamento meteo climatico.

IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I siti di monitoraggio individuati sono riportati nelle “Schede monografiche delle stazioni di monitoraggio” allegate alla relazione specialistica T00_MO00_MOA_RE03_A. Detti siti sono anche riportati “Planimetria ubicazione punti di misura T00_MO00_MOA_PL01.

Il posizionamento delle aree e/o dei punti di monitoraggio è stato scelto in maniera ragionata sulla base dell'individuazione delle aree maggiormente vulnerabili e dei punti critici determinati dalle interferenze indotte dal progetto in esame. In fine sono stati presi in considerazione i siti (in termini di aree o punti) rappresentativi in funzione delle informazioni che andranno acquisite e tali da poter essere utilizzati nel processo di ricostruzione di un modello naturale funzionale allo studio della propria evoluzione spazio-temporale attraverso le tre fasi ante Operam, di costruzione e post Operam.

Pertanto, nelle aree suddette sono state previste attività di monitoraggio finalizzate al controllo dei potenziali impatti generati sia nella fase di costruzione che di esercizio ed attività di monitoraggio finalizzate alla verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione previsti da progetto.

Il programma di monitoraggio delle acque superficiali interesserà quindi, i corsi d'acqua superficiali potenziali ricettori di impatto delle attività di cantiere.

Alla luce di quanto detto la scelta dei corsi d'acqua individuati per il monitoraggio è stata dettata dai seguenti criteri:

- Valori significativi di portata;
- Vicinanza ai cantieri a causa delle possibili pressioni che potranno derivare dalla realizzazione di importanti componenti dell'opera;
- Intersezione con gli ambiti di impatto indicati dallo Studio di Impatto Ambientale.

i corsi d’acqua interessati dalla realizzazione dell’opera ed oggetto di indagine sono di seguito elencati:

- Fiume Aniene
- Fosso Pratolungo

Codice stazione	Corso d’acqua monitorato	Posizione	Fasi Monitoraggio
SU-01	Fiume Aniene	Monte	AO, CO, PO
SU-02		Valle	AO, CO, PO
SU-03	Fosso Pratolungo	Monte	AO, CO, PO
SU-04		Valle	AO, CO, PO

PARAMETRI DA MONITORARE

In relazione alle premesse ed alle considerazioni sopra enunciate la scelta dei parametri da monitorare prevede una caratterizzazione idrologica e qualitativa del corpo idrico. A tal fine saranno eseguite:

- Misure *in situ*;
- Misure idrologiche;
- Analisi chimico-fisiche delle acque;
- Analisi microbiologiche delle acque;
- Qualità biologica;
- Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici.

I parametri sono stati scelti in base a quanto definito dalla Direttiva 2000/60 CE, formalmente recepita in campo nazionale, per quanto riguarda le acque superficiali, con l’emanazione del D. Lgs. 152/2006, recante “Norme in materia ambientale”, a cui sono seguiti i relativi decreti attuativi: D.M. 131/2008, D.M. 56/2009 e D.M. 260/2010 e D.lgs. 172/2015.

La tabella seguente riporta i parametri di cui si prevede la determinazione e la relativa metodologia analitica.

PARAMETRI			RIFERIMENTI	TIPOLOGIA PARAMETRI
N°	Parametro	Unità di misura		
1	Portata	m ³ /s		Parametro Idrologico
2	T aria	°C		Parametri <i>in situ</i>
3	T acqua	°C		
4	Ossigeno disciolto	mg/l		
5	Conducibilità	µS/cm		
6	pH	-		
7	Potenziale Redox	mV		
8	Azoto Ammoniacale	N mg/l	APAT CNR IRSA 4030 A1 MAN 29 2003	Parametri chimico-fisici inorganici
9	Nitrati	N mg/l	APAT CNR IRSA 4030	
10	Azoto Nitrico	N mg/l	APAT CNR IRSA 4050 A2 MAN 29 2003	
11	Nitriti	N mg/l	APAT CNR IRSA 4030	
12	Azoto totale	N mg/l	APAT CNR IRSA 4060 MAN 29 2003	
13	Fosforo totale	P mg/l	APAT CNR IRSA 4060 MAN 29 2003	
14	BOD ₅	O ₂ mg/l	APAT CNR IRSA 5120	
15	COD	O ₂ mg/l	APAT CNR IRSA 5130	

PARAMETRI			RIFERIMENTI	TIPOLOGIA PARAMETRI	
N°	Parametro	Unità di misura			
16	Durezza totale	mg/l CaCO ₃	APAT CNR IRSA 2040		
17	Ortofosfato	P mg/l	APAT CNR IRSA 4110 A1 MAN 29 2003		
18	Solidi sospesi totali	mg/l	APAT CNR IRSA 2090		
19	Torbidità	NTU	APAT CNR IRSA 2110		
20	Tensioattivi anionici e non ionici	mg/l	APAT CNR IRSA 5170 - 5180		
21	Cloruri	Cl ⁻ mg/l	APAT CNR IRSA 4090		
22	Solfati	SO ₄ ²⁻ mg/l	APAT CNR IRSA 4140		
23	Nichel	µg/l	APAT CNR IRSA 3220		Metalli
24	Cromo	µg/l	APAT CNR IRSA 3150		
25	Cromo VI	µg/l	APAT CNR IRSA 3150		
26	Rame	µg/l	APAT CNR IRSA 3250		
27	Zinco	µg/l	APAT CNR IRSA 3320		
28	Piombo	µg/l	APAT CNR IRSA 3230		
29	Cadmio	µg/l	APAT CNR IRSA 3120		
30	Ferro	µg/l	APAT CNR IRSA 3160		
31	Idrocarburi totali	mg/l	APAT CNR IRSA 5000	Composti organici mirati	
32	Fenoli	mg/l	APAT CNR IRSA 5070		
33	Streptococchi fecali	UFC/100 ml	APAT CNR IRSA 7040	Parametri microbiologici	
34	Salmonelle	Si/No	APAT CNR IRSA 7080		
34	Escherichia coli	UFC/100 ml	APAT CNR IRSA 7030 F MAN 29 2003		
35	Coliformi totali	UFC/100 ml	APAT CNR IRSA 7010 MAN 29 2003		
36	Coliformi fecali	UFC/100 ml	APAT CNR IRSA 7010 MAN 29 2003		
37	Daphnia	-	APAT CNR IRSA 8030 MAN 29 2003	Tossicologici - acque	
38	Microtox	-	APAT CNR IRSA 8030 MAN 29 2003		
39	Macrobenthos: STAR_ICMi Fauna ittica: Indice di abbondanza	-		Qualità biologica	
40	Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici.	-		Parametri fisiografici-ambientali	

15.1.5 Acque sotterranee

OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Per componente “Acque sotterranee” si intendono, come da definizione di cui all’art 54 del D. Lgs. 152/2006 (e s.m.i.) “*tutte le acque che si trovano al di sotto della superficie del suolo, nella zona di saturazione e in diretto contatto con il suolo e il sottosuolo*”.

Le manifestazioni sorgentizie, concentrate e/o diffuse, vengono inoltre generalmente considerate appartenenti a tale gruppo di acque in quanto affioramenti della circolazione idrica sotterranea e sono pertanto incluse nella presente sezione del piano di monitoraggio.

Principali cause di alterazione delle acque sotterranee

Le acque sotterranee sono potenzialmente soggette a tre principali cause di degrado della qualità o di riduzione della disponibilità e rappresentate da:

- Inquinamento da scarichi per introduzione dell'inquinante nel terreno, migrazione ed evoluzione dell'inquinante nella zona non satura, propagazione ed evoluzione dell'inquinante nell'acquifero;
- Sovrasfruttamento;
- Eventuali modifiche delle condizioni idrologiche e di circolazione idrica.

Principali obiettivi del monitoraggio

Alla luce di quanto sopra esposto il presente documento si propone nello specifico della componente acque sotterranee di:

- Verificare le condizioni idrogeologiche e di qualità delle acque di falda, allo scopo di segnalare eventuali modificazioni e criticità ascrivibili alle successive attività di costruzione, per le quali venga accertato o sospettato un rapporto di causa-effetto con le attività di costruzione e all'esercizio dell'opera; qualora accertate le cause, fornire indicazioni per approntare le necessarie misure correttive;
- Verificare l'efficacia delle eventuali misure correttive attuate;
- Gestire ogni eventuale monitoraggio integrativo a seguito del manifestarsi di situazioni di criticità ed emergenza. Tale procedura risulterà insita nel sistema di gestione ambientale del cantiere ma seguirà, di fatto, modalità e procedure di base di cui al presente documento.

Principali aree di monitoraggio

In via ordinaria saranno sottoposti al monitoraggio:

- Le zone interessate dalla realizzazione delle opere di sostegno a mezzo paratie e pali di fondazione.

IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I siti di monitoraggio individuati sono riportati nelle “Schede monografiche delle stazioni di monitoraggio” allegate alla relazione specialistica T00_MO00_MOA_RE04_A. Detti siti sono anche riportati “Planimetria ubicazione punti di misura T00_MO00_MOA_PL01.

Il posizionamento dei punti di monitoraggio è stato scelto in maniera ragionata sulla base della vulnerabilità dell'ambiente idrico sotterraneo e delle possibili interazioni opera/ambiente. Sono stati quindi scartati tutti i punti che obiettivamente risultavano inutilizzabili: per motivi di tipo morfologico, per la presenza di infrastrutture attuali e/o di futuro insediamento o per inaccessibilità del sito. In fine sono stati presi in considerazione i siti (in termini di aree o punti) rappresentativi in funzione delle informazioni che andranno acquisite, e tali da poter essere utilizzati nel processo di ricostruzione di un modello naturale funzionale allo studio della propria evoluzione spazio-temporale attraverso le tre fasi ante Operam, di costruzione e post Operam.

In particolare, per quanto riguarda lo studio delle acque sotterranee, la disposizione dei piezometri da monitorare sono state basate sull'acquisizione delle necessarie informazioni utili alla conoscenza:

- Della geometria dei corpi idrici sotterranei (superficie piezometrica, andamento dello spessore degli acquiferi e della falda idrica);
- Dinamica delle falde idriche (conoscenza dell'andamento dei deflussi idrici);
- Stato di qualità dei corpi idrici sotterranei (presenza di eventuali sostanze inquinanti dovute all'attività di cui al presente progetto di costruzione stradale).

I punti di monitoraggio sono stati ubicati rispettando il criterio del monte e del valle rispetto alla direzione di deflusso della falda. Tale criterio consente infatti di valutare, non soltanto il valore assoluto degli indicatori in ciascun sito, quanto invece la variazione dello stesso parametro tra i due punti di misura e di riconoscere eventuali impatti determinati dalla presenza di lavorazioni/cantieri e dell'opera stessa.

Pertanto, le analisi saranno effettuate sia a monte che a valle dell'opera allo scopo di valutare meglio eventuali anomalie e/o non conformità.

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è riportata nell'elaborato *Planimetria con ubicazione dei punti di misura*.

Si riporta l'elenco delle stazioni di monitoraggio.

CODICE STAZIONE	PROFONDITÀ (*) (MT)	SORGENTE/ AZIONI DI PROGETTO
SO-01	15	Paratia
SO-02	15	Paratia
SO-03	15	Paratia/Pali fondazione
SO-04	15	Paratia/Pali fondazione

(*) le profondità sono puramente indicative, saranno verificate nella realizzazione dei piezometri)

PARAMETRI DA MONITORARE

Si dovranno eseguire le seguenti analisi chimico fisiche

PARAMETRI		
N°	Parametro	Metodologia analitica/strumentazione
1	Livello statico/livello piezometrico	Freatimetro
2	Temperatura aria	Termometro
3	Temperatura acqua	Sonda multiparametrica
4	Ossigeno disciolto	“
4	Conducibilità	“
5	pH	“
6	Potenziale di ossido riduzione redox	“
7	Durezza totale	APAT CNR IRSA 2040 B man 29 2003
8	Residuo fisso	Metodo gravimetrico 180°C Istituto superiore di Sanità
9	Torbidità (residuo fisso a 105°C e 550°C)	APAT IRSA CNR 2110 man 29 2003
10	Alcalinità da bicarbonati	APAT IRSA CNR 2010 man 29 2003
11	Alcalinità da carbonati	APAT IRSA CNR 2010 man 29 2003mg/l
12	Ione bicarbonato	APAT IRSA CNR 2010 man 29 2003mg/l
13	Cloruri	IRSA APAT CNR 4020 man 29 2003
14	Solfati	IRSA APAT CNR 4020 man 29 2003
15	Azoto ammoniacale	APAT IRSA CNR 4030 man 29 2003
16	Azoto nitroso	APAT IRSA CNR 4050 man 29 2003
17	Azoto nitrico	APAT IRSA CNR 4040 man 29 2003
18	Fosforo totale	APAT IRSA CNR 4060 man 29 2003
19	Tensioattivi non ionici	Unichim n.980/2 1993
20	Tensioattivi anionici	IRSA Q 100 n.5150
21	Fluoruri	APAT IRSA CNR 4020 man 29 2003µg/l

PARAMETRI		
N°	Parametro	Metodologia analitica/strumentazione
22	Cianuri	APAT IRSA CNR 4020 man 29 2003µg/l
22	Sodio	APAT IRSA CNR 3270 man 29 2003
23	Boro	APAT IRSA CNR 3110 man 29 2003
24	Antimonio	APAT IRSA CNR 3060 man 29 2003
25	Arsenico	EPA 6020 A 2007
26	Potassio	APAT IRSA CNR 3240 man 29 2003
27	Magnesio	APAT IRSA CNR 3180 man 29 2003
28	Calcio	APAT IRSA CNR 3130 man 29 2003
29	Ferro	EPA 6020 A 2007
30	Piombo	EPA 6020 A 2007
31	Rame	EPA 6010 C 2007
32	Zinco	EPA 6010 C 2007
33	Nichel	EPA 6020 A 2007
34	Cadmio	EPA 6020 A 2007
35	Cromo totale	EPA 6020 A 2007
36	Cromo VI *	APAT CNR IRSA 3150 B2
37	Mercurio	EPA 6020 A 2007
38	Manganese	EPA 6010 C 2007
39	Alluminio	APAT CNR IRSA 3050 man 29 2003
40	Argento	APAT CNR IRSA 3070 man 29 2003
41	Berillio	APAT CNR IRSA 3100 man 29 2003
42	Cobalto	EPA 6010 C 2007
43	Selenio	EPA 6010 C 2007
44	Tallio	APAT IRSA CNR 3290 man 29 2003
45	TOC: carbonio organico totale	APAT IRSA CNR 5040 man 29 2003
46	Idrocarburi totali	Std methods n.5520 C&F 18th edition
47	BTEX	EPA 5030C 2003 +EPA 8260C 2006
48	IPA	EPA 8270D
49	Alifatici clorurati cancerogeni	EPA 8270 D
50	Alifatici clorurati non cancerogeni	EPA 8270 D
51	Alifatici alogenati cancerogeni	APAT IRSA CNR 5150 man 23 2003
52	Fenoli e clorofenoli	APAT IRSA CNR 5070 / UNI EN ISO 17070 2007
53	Fitofarmaci	APAT IRSA CNR 5090 / 2007

** Il cromo VI sarà quantificato solo se rilevato il Cromo Totale.*

Btex:

Benzene; Toluene; Etilbenzene; Stirene; Para-Xilene.

Ipa:

Benzo(a)antracene; Benzo(a)pirene; Benzo(b)fluorantene; Benzo(k)fluorantene; Benzo(g,h,i)perilene; Crisene; Dibenzo(a,h)antracene; Indeno (1,2,3-cd) pirene; Pirene; Sommatoria (Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno (1,2,3-cd)pirene, Pirene.

Alifatici clorurati cancerogeni:

Clorometano; Triclorometano; Cloruro di vinile; 1,2-Dicloroetano; 1,2-Dicloroetilene; Tricloroetilene; Tetracloroetilene; Esaclorobutadiene; Sommatoria organo alogenati.

Alifatici clorurati non cancerogeni:

1,1-dicloroetano; 1,2-dicloroetilene; 1,2-Dicloropropano; 1,1,2-Tricloroetano; 1,2,3-Tricloropropano; 1,1,2,2-Tetracloroetano.

Alifatici alogenati cancerogeni:

Tribromoetano; 1,2-Dibromoetano; Dibromoclorometano; Bromodiclorometano.

Fenoli e Clorofenoli:

2-Clorofenolo; 2,4-Diclorofenolo; 2,4,6-Triclorofenolo; Pentaclorofenolo.

Fitofarmaci:

Alaclor; Aldrin; Atrazina; alfa-Esacloroetano; beta-Esacloroetano; gamma-Esacloroetano; Clordano; DDD, DDT, DDE; Dieldrin; Endrin; Sommatoria fitofarmaci; Desetilatraxina; Desetilterbutilazina; Desisopropilatraxina; alfa-Endosulfan; beta-Endosulfan; Eptacloro; Eptacloro epossido; Hexazinone; Metolachlor; Metribuzina; Oxadiazon; Propazina; Simazina; Simetrina; Terbutilazina; Terbutrina.

Per le acque sotterranee destinate al consumo umano saranno ricercati anche i seguenti parametri: Escherichia Coli, Streptococchi fecali, Coliformi totali e fecali, Salmonelle.

15.1.6 Suolo

OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Il suolo è potenzialmente soggetto a quattro principali cause di degrado della qualità o di riduzione della disponibilità rappresentate da:

- Occupazione di suolo;
- Perdita di orizzonti superficiali di maggiore fertilità;
- Alterazione delle proprietà chimico-fisiche del suolo;
- Potenziale sversamento sul suolo di sostanze e materiali inquinanti.

Alla luce di quanto sopra esposto il presente documento si propone nello specifico della componente Suolo di:

- Verificare le condizioni chimiche e fisiche e morfologiche del suolo, allo scopo di segnalare eventuali modificazioni e criticità ascrivibili alle successive attività di costruzione, per le quali venga accertato o sospettato un rapporto di causa-effetto con le attività di costruzione e all'esercizio dell'opera;
- Verificare l'efficacia delle eventuali misure correttive attuate;
- Gestire ogni eventuale monitoraggio integrativo a seguito del manifestarsi di situazioni di criticità ed emergenza. Tale procedura risulterà insita nel sistema di gestione ambientale del cantiere ma seguirà, di fatto, modalità e procedure di base di cui al presente documento.

In via ordinaria saranno sottoposti al monitoraggio:

- Le aree di maggiore sensibilità e vulnerabilità della risorsa suolo alle azioni di progetto.

Il monitoraggio della componente Suolo dovrà essere condotto per l’intera durata dei lavori di realizzazione dell’Opera stradale, e dovrà essere articolato nelle seguenti fasi temporali:

- Fase di monitoraggio ante Operam, prima dell’inizio dei lavori;
- Fase di monitoraggio in corso d’opera della durata pari alla fase di realizzazione dell’Opera;
- Fase di monitoraggio post Operam della durata di un anno solare successivi alla completa realizzazione dell’Opera.

IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I siti di monitoraggio individuati sono riportati nelle “Schede monografiche delle stazioni di monitoraggio” allegate alla relazione specialistica T00_MO00_MOA_RE05_A. Detti siti sono anche riportati “Planimetria ubicazione punti di misura T00_MO00_MOA_PL01.

Si riporta di seguito l’elenco delle stazioni di monitoraggio

CODICE STAZIONE	ATTIVITÀ	CODICE CANTIERE
SUO-01	Esecuzione di profili pedologici con determinazione dei parametri pedologici e stazionali, fisico-chimici di situ e analisi chimiche di laboratorio	AT02
SUO-02	Esecuzione di profili pedologici con determinazione dei parametri pedologici e stazionali, fisico-chimici di situ e analisi chimiche di laboratorio	AT03
SUO-03	Esecuzione di profili pedologici con determinazione dei parametri pedologici e stazionali, fisico-chimici di situ e analisi chimiche di laboratorio	CO02

PARAMETRI DA MONITORARE

Nei punti di monitoraggio scelti e localizzati nelle aree di cantiere, in base a criteri di rappresentatività, le caratteristiche dei suoli saranno investigate, descritte e dimensionate secondo le modalità e le procedure descritte nei paragrafi successivi per acquisire i parametri di seguito descritti.

Per i punti di monitoraggio, oltre ai riferimenti geografici (comprese le coordinate) e temporali, saranno registrati i caratteri stazionali dell’area di appartenenza come da successiva tabella seguente. Nella descrizione del profilo del suolo saranno definiti i diversi orizzonti e, relativamente a ciascuno di questi, parametri chimico-fisici di cui alle tabelle seguenti. L’elaborazione dei dati porterà alla classificazione dei suoli secondo la Soil Taxonomy (USDA 1998), al livello tassonomico di famiglia. Per ogni unità cartografica sarà redatta una scheda informativa. L’editing del riporto in cartografia dei suoli sarà in scala 1:5.000.

Il contesto areale di ogni punto di monitoraggio e i profili pedologici saranno documentati anche fotograficamente.

Riassumendo quindi, per il monitoraggio della componente Suolo sarà previsto l’accertamento dei seguenti parametri:

- Parametri di localizzazione e riferimenti;
- Parametri stazionali;
- Parametri fisico-chimici (rilievi e misure in situ e/o in laboratorio);
- Parametri chimici e tossicologici (analisi di laboratorio).

Per ogni punto di monitoraggio saranno registrate sulle schede di terreno le seguenti caratteristiche di ubicazione del punto e di riferimento del rilievo:

- Codifica del punto di rilievo;
- Coordinate (x, y, z);
- Toponimo di riferimento;
- Comune;
- Provincia;
- Progressiva chilometrica di censimento;
- Data;
- Rilevatore;
- Altri riferimenti.

Nelle tabelle che seguono è riportato l’elenco degli altri parametri oggetto di rilievo nelle fasi di ante e post Operam.

PARAMETRI PEDOLOGICI E STAZIONALI	
Clima	Topografia (Esposizione, Quota)
Morfologia (Pendenza, Forme dei rilievi)	Idrologia
Uso del suolo	Rocciosità affiorante
Pietrosità superficiale	Vegetazione
Fenditure superficiali	Substrato pedogenetico
Microrilievo	Permeabilità
Stato Erosivo	

PARAMETRI FISICO-CHIMICI (RILIEVI E MISURE IN SITU E/O IN LABORATORIO)	
Designazione orizzonte	Profondità falda
Limiti di passaggio	Colore allo stato secco e umido
Tessitura	Struttura
Consistenza	Porosità
Umidità	Contenuto in scheletro
Concrezioni e noduli	Efflorescenze saline
Fenditure	pH

PARAMETRI CHIMICI (ANALISI DI LABORATORIO)	
Capacità di scambio cationico	Azoto totale
Azoto assimilabile	Fosforo assimilabile
Carbonati totali	Sostanza organica
Idrocarburi	As, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Ni
Cianuri	Fluoruri
Benzene	IPA

In fase post Operam al fine di valutare l’efficacia degli interventi di ripristino ambientale saranno eseguiti rilievi biometrici e qualitativi per verificare la percentuale di attecchimento e la valutazione dello stato fitosanitario del terreno ripristinato.

Infine, allo scopo di evidenziare i possibili effetti di sostanze inquinanti nei suoli al momento del ripristino post Operam rispetto alla situazione ante Operam, saranno anche eseguiti appositi test eco tossicologici. Tali test riguarderanno i campioni relativi al topsoil e saranno i seguenti:

- Microtox;
- *Brachionus calyciflorus*;
- Test di fitotossicità.

Il monitoraggio in corso d'opera sarà effettuato mediante sopralluoghi nelle aree di cantiere, impianti, zone logistiche e campi base e adeguatamente pianificata sia in base agli esiti di ante-opera che valutando, di anno in anno, l'avanzamento lavori e gli esiti dei controlli. I sopralluoghi saranno condotti in due periodi nel corso dell'anno (indicativamente aprile-maggio e ottobre-novembre) e saranno rivolti in particolar modo ai seguenti parametri:

- Stato di regimazione delle acque superficiali, in riferimento ai rischi di degradazione dei suoli per erosione o per inquinamento;
- Rilevamento di segni di degradazione fisica e chimica dei suoli per sversamenti di sostanze tossiche, compattazioni, erosione superficiale ecc.;
- Modalità di accantonamento e conservazione degli orizzonti superficiali dei suoli preesistenti nell'area;
- Valutazione delle opere di protezione delle eventuali superfici in pendenza.

Salvo ad incidenti ed emergenze particolari, non sono state previste analisi di laboratorio in corso d'opera, demandando alla fase di post Operam la realizzazione di analisi specifiche.

Le osservazioni condotte nel corso dei sopralluoghi saranno riportate in una apposita scheda di rilievo, corredata da una documentazione fotografica.

15.1.7 Paesaggio

OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

i settori di indagine eventualmente da integrare rispetto al quadro di riferimento ambientale del SIA, per avere un quadro delle conoscenze adeguato agli obiettivi del PMA, in sintesi, dovranno essere:

1. I caratteri e dati ecologico – ambientali e naturalistici del territorio.
2. I caratteri e dati visuali – percettivi e delle sensibilità paesaggistiche.
3. I caratteri e dati socio – culturali, storico-insediativi e architettonici.

Va sottolineato, che ai sensi di quanto previsto dal Capitolato Tecnico, il monitoraggio Ante-Opera del Paesaggio è strettamente finalizzato a:

- Verificare la componente ambientale dalle indagini del SIA, allo scopo di avviare le operazioni propedeutiche alla verifica in corso e post opera delle variazioni del paesaggio imputabili alla realizzazione delle opere.

Più in generale l'obiettivo del monitoraggio della componente “Paesaggio” è, da un lato, quello di valutare la coerenza fra le previsioni di progetto e quanto realizzato e, dall'altro, “misurare” le variazioni del paesaggio attraverso la costruzione e l'utilizzo di opportuni indicatori percettivi.

IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I siti di monitoraggio individuati sono riportati nelle “Schede monografiche delle stazioni di monitoraggio” allegate alla relazione specialistica T00_MO00_MOA_RE06. Detti siti sono anche riportati “Planimetria ubicazione punti di misura T00_MO00_MOA_PL01.

Sono stati individuati i punti di monitoraggio secondo criteri di validità ed opportunità, al fine di svolgere rilievi e osservazioni su porzioni di paesaggio significative.

Per tali punti sarà valutata la trasformazione della “percezione visiva propria”, in conseguenza dell’inserimento dell’opera effettuando un raffronto tra: lo stato ante opera, le previsioni di progetto, quanto si manifesterà realmente nel corso dei lavori e lo stato Post-Opera.

In particolare, si valuteranno l’efficacia degli interventi di mitigazione ambientale e di inserimento paesaggistico dell’infrastruttura e le scelte progettuali dal punto di vista della qualità architettonica.

Di seguito si riporta la tabella con indicati codici delle stazioni di monitoraggio:

CODICE STAZIONE	COMPONENTE	TIPOLOGIA ATTIVITA'
PA-01	PA	Analisi e valutazione percettiva
PA-02	PA	Analisi e valutazione percettiva
PA-03	PA	Analisi e valutazione percettiva
PA-04	PA	Analisi e valutazione percettiva

ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

Riguardo alle potenziali trasformazioni degli elementi strutturali del paesaggio le attività del sistema paesaggistico sono:

- a) Verificare se l’azione di progetto interferisce con il sistema di paesaggio cui appartiene introducendo elementi estranei (ad esempio materiali, cromatismi, allineamenti, direttrici, nel caso di paesaggi insediati; ovvero impianti ed essenze vegetali alloctone, infestanti, nel caso di paesaggi naturali).
- b) Verificare se l’azione di progetto produca frammentazione di un sistema di paesaggio (agrario, naturale o insediato) che si presenti omogeneo e compatto (in termini di copertura vegetazionale, di efficienza ecologica dell’apparato naturale, come struttura funzionale e distributiva del sistema insediativo consolidato, o presenza di usi consolidati del suolo); difatti questo è spesso interpretabile anche come introduzione di elementi di artificializzazione (di sistemi o apparati di sistemi naturali e semi-naturali) o barriere artificiali (di interruzione della continuità ecologica, di interruzione di usi e funzioni consolidate, di limitazione dell’accessibilità dei luoghi).
- c) Verificare se le alterazioni potenziali che si possono produrre, più spesso in fase di costruzione ma anche in fase di esercizio, entro ambiti insediati e consolidati storicamente e/o in corrispondenza di importanti canali di relazione (rete viaria principale e secondaria, rete ferroviaria) con effetti significativi (barriere temporanee, trasformazione del valore dei suoli, trasformazione delle destinazioni urbanistiche, nuovi collegamenti) sull’assetto dei comparti edificati e delle funzioni e relazioni che vi si svolgono.
- d) Valutare gli effetti potenziali dell’opera sui fattori legati alla percezione visiva. In particolare, i fattori di pressione consentono di valutare le alterazioni potenziali ai diversi campi e piani visuali (alle brevi e medie distanze, da punti di vista privilegiata, alle grandi distanze, in rapporto alle quinte sceniche naturali ovvero agli elementi svettanti all’orizzonte).
- e) Valutare le alterazioni conseguenti all’introduzione nelle unità di paesaggio o in specifici suoi apparati strutturali di elementi degradanti lo stato di equilibrio ambientale generale (inquinanti gassosi, rumore, disturbo visivo, ostacolo visuale). E’ un fattore correlato, più degli altri, alla fase di costruzione e alla presenza di aree di cantiere.

L'analisi percettiva si concentrerà maggiormente sul paesaggio inteso come bene culturale a carattere identitario, con un'attenzione specifica (in linea con i dettami della Convenzione Europea sul Paesaggio) alla percezione da parte della popolazione. Verrà pertanto considerato il paesaggio come prodotto sociale e storico, frutto di un'interazione tra la soggettività umana, i caratteri oggettivi dell'ambiente (antropico o naturale) ed i mediatori socio-culturali legati al senso di identità riconosciuto dalla società.

Per una descrizione dettagliata delle diverse metodologie d'indagine, si rimanda ai paragrafi specifici di questa relazione. Per cui, in relazione a tali fattori di pressione e alle Linee Guida per il Progetto di Monitoraggio Ambientale (Rev.2 del 23 Luglio 2007) ed alle Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i., D.Lgs.163/2006 e s.m.i.) Indirizzi metodologici generali (Capitoli 1-2-3-4-5) Rev.1 del 16/06/2014, si prevedono che nell'ambito del monitoraggio siano opportunamente sviluppate le seguenti attività:

Verifica delle indagini del SIA;

Nella fase di monitoraggio ante opera sarà effettuata una verifica dell'appropriatezza delle indagini riportate nel S.I.A. con lo scopo di individuare le migliori scelte da un punto di vista di compatibilità e di inserimento delle opere rispetto al contesto paesaggistico d'intervento che riguarderà, anche in relazione al tempo che intercorrerà tra la redazione dello Studio di Impatto Ambientale alla realizzazione dell'opera, in particolare:

- l'esatta costruzione del quadro documentale (rapporti, cartografie, immagini);
- l'ottemperanza delle norme vincolistiche e pianificatorie generali e locali ovvero il nulla osta oppure l'autorizzazione in deroga rilasciate dalle rispettive Autorità singolarmente competenti;
- la corretta descrizione delle interferenze, negatività o positività che le opere determinano nei confronti dei principali caratteri della componente paesaggio;
- la verifica dei principali materiali previsti per l'esecuzione del manufatto e dei lavori di sistemazione e di inserimento paesaggistico, con descrizione delle caratteristiche merceologiche, considerazioni di sostenibilità ambientale (ciclo di vita, provenienza e modalità di approvvigionamento), e la valutazione delle caratteristiche cromatiche;
- la verifica delle misure atte al contenimento massimo dell'impatto sul paesaggio, ed in particolare sul detrimento della sua qualità visuale seppure limitata nel tempo.

Calcolo di indicatori

Il monitoraggio della componente del paesaggio farà impiego di indicatori in grado di catturare l'informazione emessa dalle proprietà emergenti del sistema paesaggio. Ciò consentirà di avere indicazioni sintetiche su struttura e funzionalità dell'ecosistema e sulle variazioni delle stesse. Affinché lo studio possa essere efficace ed esaustivo verrà adottato un approccio multiscalare: gli indicatori verranno infatti calcolati per ciascuna Unità di Paesaggio e per ciascuna Unità Ambientale, così da avere sia dati sintetici che offrano una visione d'insieme, sia informazioni di dettaglio che possano anche fungere da presidio di sorveglianza ecologica.

Analisi e valutazione percettiva del paesaggio

La principale tipologia d'impatto sul paesaggio, relativa all'inserimento di una infrastruttura viaria, è legata alla modificazione della percezione visiva dei recettori sensibili, dovuta: a fenomeni di mascheramento visivo totale o

parziale; all’alterazione dell’equilibrio reciproco dei lineamenti caratteristici dell’unità paesaggistica, a causa dell’intromissione di nuove strutture fisiche estranee al contesto per forma, dimensione, materiali o colori.

La stima della misura dell’alterazione della percezione visiva, rileva in senso inverso l’integrazione dell’opera nel contesto paesaggistico in cui si va ad inserire.

Questa alterazione può avvenire sui diversi piani del campo visivo:

- primo piano (0 – 250/500 m);
- secondo piano o piano intermedio (250/500 – 1000 m);
- quinta visiva (> 1000 m).

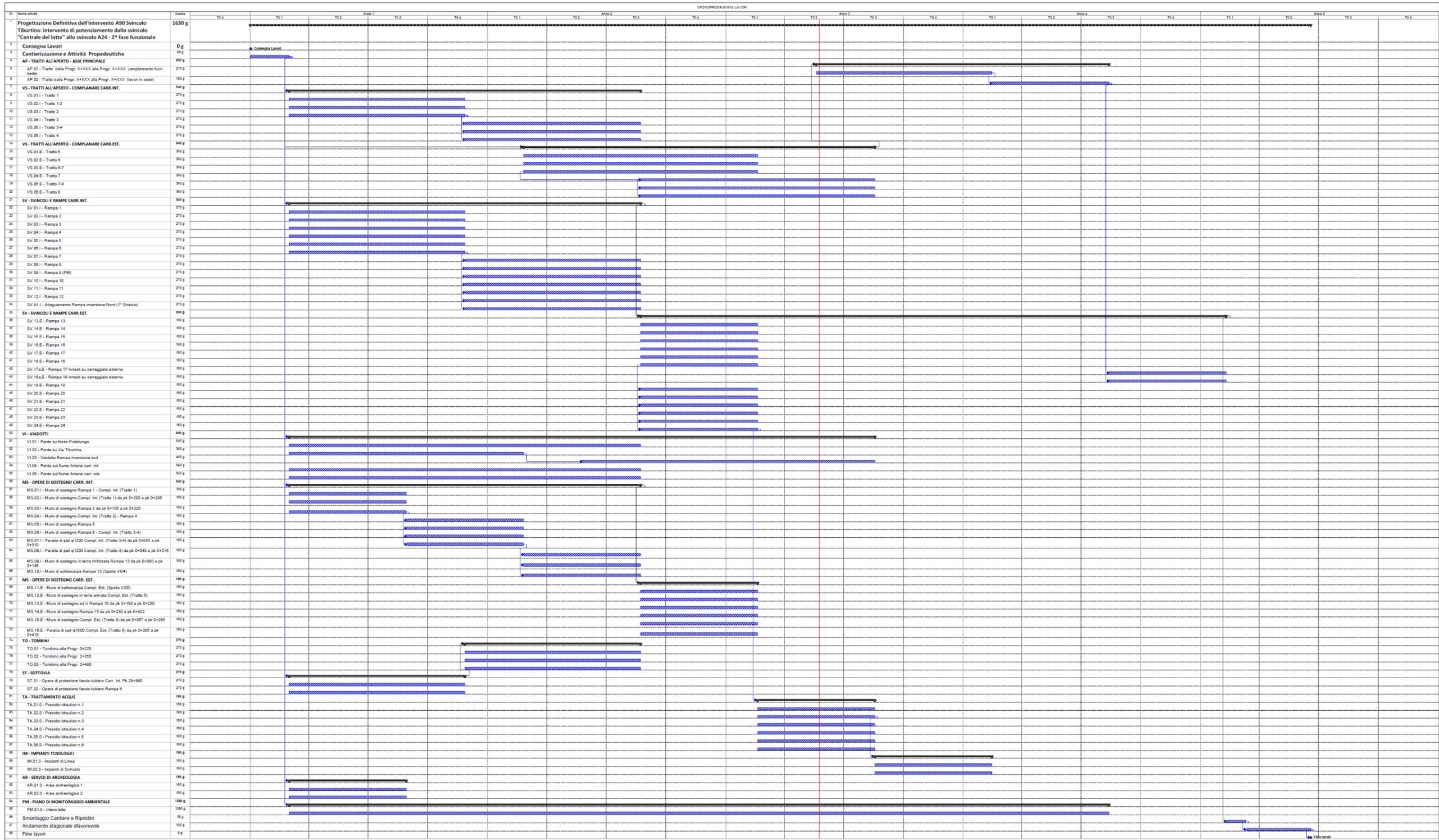
A tal fine, nelle aree interne al perimetro dell’ambito di monitoraggio, saranno effettuate una serie articolata di rilievi fotografici da punti di vista “privilegiati”. Tali punti sono stati selezionati a partire da quanto realizzato nell’ambito del SIA, secondo criteri di validità ed opportunità. Attraverso i rilievi anzi detti si renderà conto dello stato attuale dei siti, mentre lo stato previsionale risulta testimoniato dai documenti di SIA e successivi aggiornamenti e approfondimenti di progetto. Le indagini sui caratteri visivi e percettivi restituiranno il quadro delle criticità e attraverso il confronto Ante e Post Opera delle visuali dei recettori dai quali si potranno verificare l’integrazione dell’opera nel contesto e le interferenze visive al fine di controllare il rischio di perdita dell’identità paesaggistica del territorio attraversato dall’opera.

Le attività di monitoraggio in corso d’opera avranno, inoltre, l’obiettivo di valutare gli effetti indotti durante la realizzazione dell’opera nel contesto paesaggistico in esame. Inoltre nel corso del monitoraggio, non si esclude che possa risultare necessaria una ridefinizione o individuazione ex-novo delle “aree sensibili” alle quali verranno applicati gli indicatori ecologici e percettivi selezionati

16 CRONOPROGRAMMA

Il cronoprogramma lavori riporta la suddivisione in macrofasi e la successione di realizzazione delle opere con la relativa durata. Di seguito viene riportata un'immagine del cronoprogramma prodotto. La durata complessiva dei lavori è pari a circa 4,5 anni.

Per una maggiore comprensione delle fasi di realizzazione e del cronoprogramma si rimanda agli elaborati progettuali specifici .



17 DOCUMENTAZIONE TECNICO-ECONOMICA

L'importo delle opere è stato valutato con computo metrico estimativo redatto con il software Primus e sulla base della WBS concordata con ANAS. L'elenco prezzi applicato è quello ANAS 2021. Si rimanda agli elaborati specifici per i dettagli della stima delle opere.

18 INDICAZIONI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO

Il Progetto Esecutivo sarà redatto sulla base delle risultanze del Progetto Definitivo, e sulla base delle decisioni e prescrizioni assunte in fase di approvazione del Progetto Definitivo, e definirà tutti gli elementi progettuali necessari per la effettiva realizzazione dell'opera.

Attraverso il Progetto Esecutivo saranno determinati in dettaglio le opere da realizzare ed il relativo importo. Il Progetto Esecutivo sarà sviluppato ad un livello di definizione tale da consentire che ogni elemento sia identificabile in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo.

Il Progetto Esecutivo sarà redatto sulla base degli studi e delle indagini compiuti nelle fasi progettuali precedenti e degli eventuali ulteriori studi e indagini, di dettaglio o di verifica delle ipotesi progettuali, che risultino necessari e sulla base di rilievi planoaltimetrici, di misurazioni e picchettazioni, di rilievi della rete dei servizi del sottosuolo.

Gli elaborati del Progetto Esecutivo (relazioni, calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti, elaborati grafici nelle scale adeguate, particolari costruttivi, capitolati, computo metrico estimativo, elenco dei prezzi unitari) saranno redatti in conformità alle indicazioni e prescrizioni contenute nel corrispondente Capitolato d'Oneri di riferimento.