

**E45 - SISTEMAZIONE STRADALE DEL NODO DI PERUGIA
Tratto Madonna del Piano - Collestrada**

PROGETTO DEFINITIVO

PG 372

ANAS - DIREZIONE TECNICA

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine Geologi Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfilì</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Giovanni Alfredo Dalenz</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GP INGENGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) :</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Giovanni Alfredo Dalenz</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069</p>	<p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>cooprogetti</p> <p>engeko</p> <p>AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Alessandro Micheli</i></p>		<p>(Mandante)</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		<p>(Mandante)</p>

INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

Relazione tecnica

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T00EG00GENRE02_B		
DTPG372	D	22	CODICE ELAB. T O O E G O O G E N R E O 2	B	-
D					
C					
B	Rev. a seguito istruttorie Prot. U.0834569 e U.0862037	Gennaio '23	Uccellani	Panfilì	Guiducci
A	Emissione	Ottobre '22	Uccellani	Panfilì	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	4
2. STUDI E INDAGINI.....	6
2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	6
2.1.1. <i>Caratteri geolitologici dei depositi superficiali e delle formazioni del substrato</i>	7
2.1.2. <i>Lineamenti geomorfologici</i>	9
2.1.3. <i>Lineamenti idrogeologici</i>	10
2.2. CAMPAGNE DI INDAGINE GEOGNOSTICHE.....	11
2.2.1. <i>indagini Ambientali</i>	15
2.3. GEOTECNICA	16
2.3.1. <i>Modello geotecnico</i>	16
2.3.2. <i>Caratterizzazione geotecnica</i>	16
2.4. IDROLOGIA E IDRAULICA	17
2.4.1. <i>Inquadramento idrografico</i>	17
2.4.2. <i>Studio idrologico</i>	22
2.4.3. <i>Studio idraulico</i>	28
2.5. SISMICA.....	36
2.6. PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO-STRUTTURALE	40
2.7. CARTOGRAFIA E RILIEVI.....	41
2.8. ASPETTI ARCHEOLOGICI	42
3. INFRASTRUTTURA DI PROGETTO.....	42
3.1.1. <i>Sistemazione viabilità interferita</i>	47
3.1.2. <i>Sintesi delle verifiche stradali</i>	47
3.1.3. <i>Sezioni tipo</i>	48
3.1.4. <i>pavimentazioni stradali</i>	55
3.1.5. <i>Barriere di sicurezza e segnaletica</i>	56
4. OPERE D'ARTE MAGGIORI.....	61
4.1. VIADOTTI	61
4.2. GALLERIE.....	72
4.2.1. <i>Galleria Collestrada</i>	72
5. OPERE D'ARTE MINORI	76
5.1. OPERE DI SOSTEGNO	76
5.2. PARATIE.....	78
5.3. SOTTOVIA	84

PROGETTAZIONE ATI:

5.4.	OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO.....	89
6.	<u>IMPIANTI TECNOLOGICI.....</u>	89
6.1.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	90
6.2.	TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI.....	92
6.3.	CRITERI PROGETTUALI GENERALI	95
6.4.	LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO	95
7.	<u>OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI.....</u>	95
8.	<u>INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E MITIGAZIONE AMBIENTALE.....</u>	96
8.1.	CRITERI GENERALI DELLE MISURE DI MITIGAZIONE ADOTTATE.....	96
8.2.	ANALISI DELLA PERCEZIONE VISIVA	97
8.3.	ANALISI DELLE VALENZE AMBIENTALI E ANALISI DEL CONTESTO PAESAGGISTICO.....	97
8.4.	STRATEGIE PER L'INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE	102
8.4.1.	<i>STR_01 – Valorizzazione dei nodi.....</i>	<i>103</i>
8.4.2.	<i>STR_02 – Ricucitura ambiti agrari.....</i>	<i>105</i>
8.4.3.	<i>STR_03 – Interventi di mitigazione lungo i corridoi infrastrutturali</i>	<i>106</i>
8.4.4.	<i>STR_04 - Rinaturalizzazione dei corsi d'acqua</i>	<i>107</i>
8.4.5.	<i>STR_05 – Interventi di tutela della fauna e della microfauna</i>	<i>108</i>
8.4.6.	<i>Str_06 – Mitigazione degli effetti acustici derivanti dell'infrastruttura</i>	<i>108</i>
8.4.7.	<i>Str_07 – Ripristino delle aree di cantiere.....</i>	<i>108</i>
8.5.	ABACO DELLE SPECIE DA UTILIZZARE	109
8.6.	ALTRI INTERVENTI DI MITIGAZIONE.....	110
8.6.1.	<i>Opere d'arte</i>	<i>110</i>
8.6.2.	<i>Viadotto sul Fiume Tevere</i>	<i>113</i>
8.6.3.	<i>Gallerie</i>	<i>114</i>
8.6.4.	<i>Barriere acustiche</i>	<i>119</i>
9.	<u>VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO.....</u>	121
9.1.	VALUTAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ANTE-OPERAM	121
9.2.	STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO – MODELLO PREVISIONALE	122
9.2.1.	<i>Fase di postopera</i>	<i>124</i>
9.2.2.	<i>Fase di cantiere.....</i>	<i>125</i>
10.	<u>VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO</u>	131
10.1.	ANTE OPERAM.....	131
10.1.1.	<i>DATI CENTRALINE ARPA.....</i>	<i>131</i>
10.1.2.	<i>PM10</i>	<i>132</i>
10.1.3.	<i>PM2.5</i>	<i>132</i>

PROGETTAZIONE ATI:

10.1.4. NO ₂	132
10.2. POST OPERAM.....	133
10.2.1. PM ₁₀	133
10.2.2. PM _{2,5}	135
10.2.3. NO ₂	137
10.2.4. NO _x	139
10.2.5. Impatti di cantiere.....	141
11. <u>MONITORAGGIO AMBIENTALE</u>	142
12. <u>ESPROPRI</u>	143
13. <u>RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE</u>	143
14. <u>CANTIERIZZAZIONE</u>	148
14.1. LOCALIZZAZIONE AREE DI CANTIERE.....	148
14.2. TEMPI E FASI DI ESECUZIONE.....	152
15. <u>PIANO DI UTILIZZO TERRE</u>	158
16. <u>BONIFICA ORDIGNI BELLICI</u>	158
17. <u>COSTI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA</u>	159

PROGETTAZIONE ATI:

1. INTRODUZIONE

L'intervento in oggetto costituisce parte dell'itinerario cosiddetto "Nodo di Perugia" (Corciano-Madonna del Piano-Collestrada), dichiarato strategico e di preminente interesse nazionale dalla Delibera CIPE n. 121/2001 (Legge Obiettivo) nell'ambito della macro-opera "Corridoi trasversali e dorsale appenninica".

Il complessivo sistema di infrastrutture denominato "Nodo di Perugia", ipotizzato a inizio 2000 con l'obiettivo di scaricare l'attuale arteria che attraversa l'area urbana di Perugia, si colloca nel quadrante sudoccidentale dell'area urbana di Perugia ed esternamente ad essa.

Il tratto compreso tra Corciano e Collestrada, composto in parte dal Raccordo Autostradale e in parte dall'E45, costituisce uno dei punti più congestionati della rete nazionale, così come anche rilevato dal P.G.T. 2020-2024; costituendo un grave intralcio allo sviluppo dei traffici e delle relazioni nella direttrice nord-sud (Roma-Ravenna) e nella direttrice est-ovest (Ancona-Grosseto).

Attualmente in ambito Collestrada e, più in generale, nell'area in oggetto, gravano i traffici che indotti dal completamento della direttrice Perugia-Ancona (4 corsie), quelli dovuti al potenziamento dell'aeroporto regionale e dal previsto potenziamento della S.S. 77 Val di Chienti i cui traffici si ripercuoteranno sul nodo mediante la S.S. 75 bis.

L'intervento Nodo di Perugia, di cui il tratto Madonna del Piano-Collestrada ne fa parte, riveste fondamentale importanza per la viabilità di scorrimento intorno all'area perugina, in quanto consente di separare i flussi di traffico locale da quelli di attraversamento regionale ed interregionale che gravitano sul nodo di Perugia ove confluiscono quattro arterie stradali particolarmente trafficate: la E45 Orte-Ravenna, il raccordo autostradale Perugia-Bettolle, la Perugia-Ancona e la Perugia-Foligno-Flaminia.

Il nodo risulta caricato da importanti flussi locali-regionali di traffico in ragione delle funzioni di polo che la città di Perugia svolge quale città capoluogo di Provincia e di Regione.

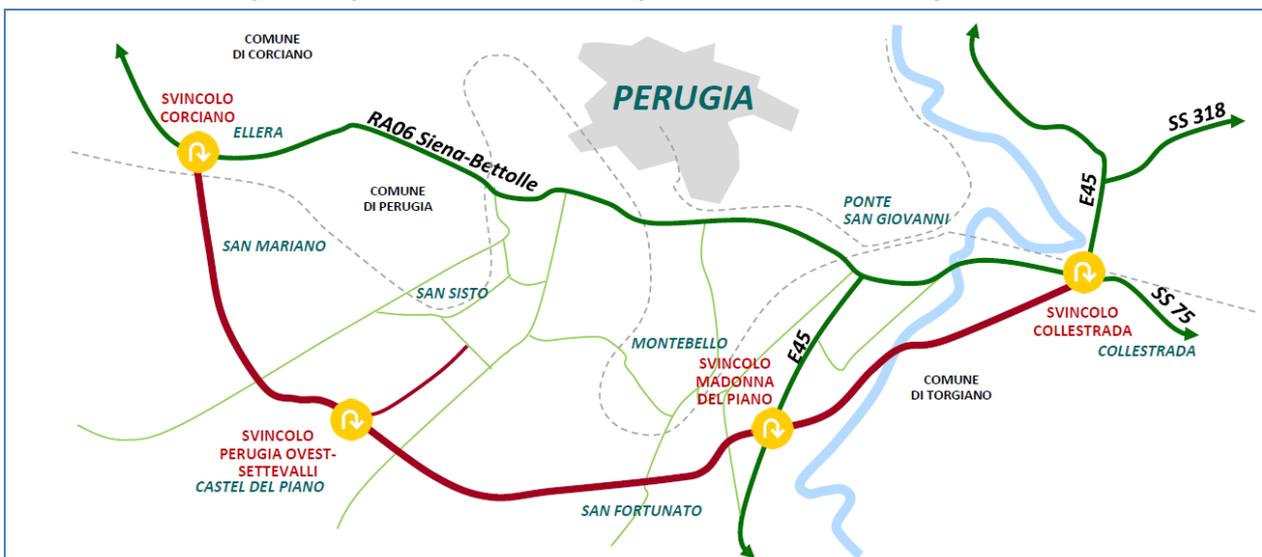


Figura 1.1 – Il Nodo di Perugia, complessivo, nel sistema infrastrutturale esistente.

La sistemazione stradale del Nodo di Perugia nel tratto Collestrada-Corciano prevista dal progetto preliminare del 2003, consiste:

PROGETTAZIONE ATI:

- nella realizzazione di un tratto in variante all'attuale tracciato della S.G.C. E45 (o S.S. 3 bis) tra le località di Madonna del Piano e Collestrada poste nel quadrante sud-orientale dell'area urbana perugina (evidenziato in arancione nella figura successiva);
- nella realizzazione di una nuova viabilità di allacciamento tra la S.G.C. E45 (o S.S. 3 bis) all'altezza di Madonna del Piano e il Raccordo autostradale Siena-Bettolle all'altezza dell'attuale svincolo di Corciano (evidenziato in rosso nella figura successiva).

Il nuovo arco di valle complessivo allora immaginato, oltre che raccordare due importanti arterie della rete stradale nazionale ed eliminare il pericoloso attraversamento urbano costituito dall'attuale raccordo Siena-Bettolle, consentirà di riannodare le principali vie di accesso all'area urbana di Perugia, istituendo una più funzionale gerarchia dei traffici.

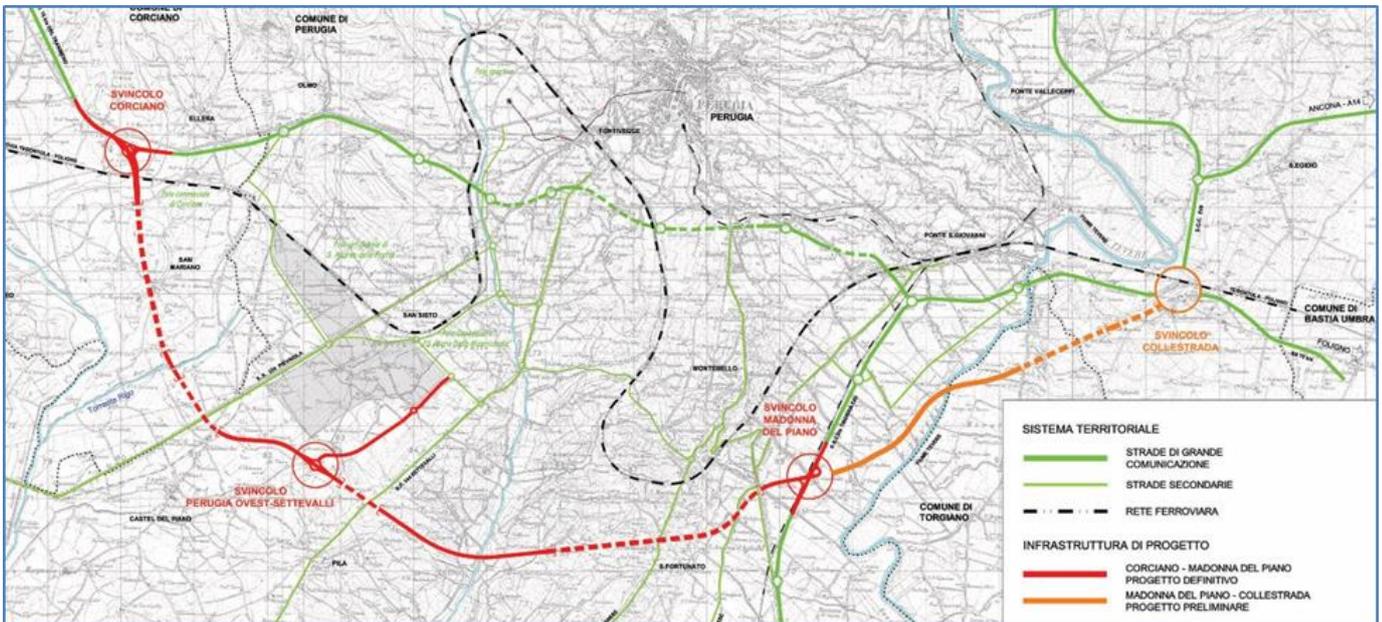


Figura 1.2 – Progetto Preliminare: planimetria generale con individuazione delle tratte del Nodo di Perugia

Gli obiettivi specifici dell'intervento sono:

- Il potenziamento del sistema infrastrutturale viario;
- La separazione dei traffici locali da quelli nazionali;
- Il miglioramento della funzionalità stradale;
- La riduzione dei livelli di incidentalità;
- La redistribuzione dei flussi di traffico su un sistema di arterie più esteso e sicuro.

Accanto a questi obiettivi specifici si conseguono contestualmente gli obiettivi di miglioramento ambientale del sistema urbano e periurbano perugino.

Il Progetto Preliminare complessivo, è stato suddiviso nelle due tratte, ognuna delle quali ha avuto una sua approvazione con Delibera CIPE, rispettivamente:

- il tratto Corciano – Madonna del Piano, di lunghezza 14,6 km, che realizza la variante al tratto urbano del raccordo autostradale Perugia-Bettolle, è stato approvato con Delibera CIPE n. 150/2006, pubblicata sulla G.U. n. 64 del 17.03.2007, accertandone la compatibilità

PROGETTAZIONE ATI:

ambientale (con prescrizioni) e la localizzazione. Per questo lotto nel 2013-14 venne elaborato un progetto definitivo;

- il tratto Madonna del Piano – Collestrada in oggetto, per il quale era prevista una categoria stradale tipo A ex DM 05.11.2001, è stato approvato con Delibera CIPE n. 156/2006. Negli anni seguenti è stato stabilito l'inserimento di questa tratta all'interno del Project Financing del Corridoio di viabilità Autostradale Mestre-Orte (E45-E55). Quest'ultimo complessivamente avrebbe dovuto assorbire una serie di interventi strategici come ad esempio il tunnel di Mestre, la nuova Romea commerciale e non da ultimo questo tratto del Nodo di Perugia. Tale ipotesi che non ha trovato compimento, e successivamente sono state individuate differenti modalità di adeguamento del corridoio infrastrutturale esistente.

Il Progetto Preliminare con lo Studio di impatto Ambientale del Nodo di Perugia, per l'intero itinerario Corciano – Madonna del Piano – Collestrada, ipotizzato ad inizio 2000, è stato redatto da progettisti incaricati dalla regione Umbria.

Con delibera del CdA in data 17 aprile 2003, ANAS S.p.A. ha approvato il Progetto Preliminare complessivo del Nodo di Perugia, ai fini dell'avvio delle procedure di Legge Obiettivo, e lo ha trasmesso a tal fine al Ministero delle Infrastrutture. Il CIPE ha approvato il Progetto Preliminare, anche ai fini della compatibilità ambientale e dell'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio, suddiviso nei due stralci:

- Tratto Madonna del Piano-Collestrada (oggetto della presente istanza), Delibera CIPE n. 156 del 22.12.2006 (pubblicata sulla G.U.R.I. del 07.05.2007 n. 104);
- Tratto Madonna del Piano-Corciano, Delibera CIPE n. 150 del 17.11.2006 (pubblicata sulla G.U.R.I. del 17.03.2007 n. 64).

Il presente Progetto Definitivo conferma sostanzialmente le scelte progettuali e la configurazione geometrica sviluppata nel progetto preliminare approvato con Delibera CIPE n. 156 del 22.12.2006, e in parte recepito dagli Strumenti di Governo del Territorio, fatto salvo per l'adozione di una categoria stradale tipo B "extraurbana principale" in luogo della categoria tipo A "autostrada" prevista nel progetto preliminare, scelta verificata nello Studio di Traffico e comportante una sensibile diminuzione degli impatti ambientali, anche in termini di occupazione di suolo.

Il medesimo Progetto Definitivo, recepisce altresì le prescrizioni dettate dalle Delibera CIPE 156/2006 sopra richiamate.

2. STUDI E INDAGINI

2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il tracciato dell'opera in oggetto ricade nei territori comunali di Perugia, nei suoi tratti occidentale e orientale, e di Torgiano, nel suo tratto intermedio, nel settore meridionale dell'Alta Valle del Tevere, a nord della confluenza con il fiume Chiascio.

Il Bacino della Val Tiberina e la Valle Umbra sono bordati, ad ovest, da un'importante faglia diretta, con direzione NNW-SSE e immergente verso ENE, che in letteratura è denominata faglia Tiberina e rappresenta una master fault di un sistema estensionale di importanza regionale. La faglia, con una direzione di 150°N e immersione ENE, si estende al di sotto della catena appenninica fino ad una profondità di circa 12 km. Il lato orientale della depressione è invece bordato dalla faglia di Gubbio, che ha una geometria listrica e disloca il fianco occidentale dell'anticlinale omonima, immergendo verso SW, con direzione di 120°N ed inclinazione che varia tra i 50° e i 70°. In profondità la faglia riattiva un preesistente piano di sovrascorrimento, invertendone il movimento.

Il corso del Fiume Tevere scorre, quindi, secondo gli andamenti delle direttrici tettoniche regionali presenti nell'area. I depositi alluvionali che colmano l'ampia valle del corso fluviale sono costituiti da sedimenti limo-argilloso, limo-sabbiosi e ghiaie sabbiose disposte in banchi e lenti. Lungo i bordi

PROGETTAZIONE ATI:

della valle sono presenti, inoltre, depositi terrazzati costituiti da sabbie limose e limo, con intercalazioni di ruditi arenacee minute e di ghiaie in matrice sabbioso-limosa. Nell'attuale alveo affiorano sabbie e ghiaie prevalentemente sciolte.

La successione sedimentaria che colma l'ampia valle tettonica del Bacino Tiberino, entro la quale scorre attualmente il Fiume Tevere è conseguenza del riempimento del "Lago Tiberino", impostatosi a partire dal Pliocene.

Facendo riferimento ai depositi fluvio-lacustri della Valle del Tevere e della Valle Umbra è possibile individuare una sequenza che rispecchia i vari stadi evolutivi tipici di un bacino endoreico, come effetto combinato dell'attività tettonica distensiva e del progressivo colmamento.

Tale sequenza può essere suddivisa genericamente in tre termini litostratigrafici, così distinti dal basso verso l'alto, che costituiscono, seppur con differenti unità sintemiche nei vari settori della piana, il supersistema Tiberino:

- a) Argille grigie inferiori (in quest'area riferibili allo spessore basale del Sintema di Solfagnano);
- b) Complesso argilloso-sabbioso (riferibili alla litofacies di Sant'Egidio del sintema di Solfagnano);
- c) Complesso detritico superiore (riferibili ai conglomerati del sintema di Collestrada).

Le argille grigie inferiori costituiscono il termine più antico di tale serie e sono attribuite al Pliocene superiore; la loro base stratigrafica e la loro potenza effettiva sono sconosciute.

Superiormente a tali argille è presente il complesso argillo-sabbioso del Pleistocene inferiore.

La serie fluvio-lacustre è chiusa superiormente dal complesso detritico superiore, costituito da conglomerati e sabbie. In molte località sono presenti passaggi laterali fra i due termini più alti della sequenza

Il substrato litoide su cui poggia la sequenza è rappresentato dalle unità flyschoidi autoctone della Formazione Marnoso-Arenacea Umbra.

2.1.1. CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO

Vengono di seguito descritte le principali litologie incontrate lungo il tracciato dell'opera in progetto.

- Terreni di riporto - h (Olocene)

Si ritrovano principalmente nell'area della piana, data l'intensa antropizzazione della stessa. I terreni sono rappresentati da materiali eterogenei, da limi sabbiosi e/o argillosi a sabbie limose, con ghiaia o ciottoli di varia composizione, spesso clasti di marna, arenaria; talora vi è presente sostanza organica. Rappresentano in alcuni casi rilevati stradali o ferroviari, oppure aree di colmamento artificiale.

- Depositi gravitativi - a (Olocene)

Termini a differente composizione granulometrica prevalentemente fine, in assetto caotico, legati a movimenti franosi con diversa cinematica. Si tratta di depositi superficiali con bassi spessori; si rinvennero prevalentemente sul versante settentrionale della Collina di Collestrada, dove interessano le litologie della Litofacies di Sant'Egidio, in corrispondenza del tratto di tracciato in galleria artificiale.

- Coltri Eluvio-colluviali - b2 (Olocene)

Si tratta della coltre detritica e di alterazione superficiale ad opera degli agenti esogeni che svolgono un'azione meccanico-chimica di decomposizione e di disfacimento a carico delle litologie sottostanti, rappresentati da depositi in prevalenza limo-argilloso-sabbiosi con clasti prevalentemente arenacei e pelitici. A valle ed in corrispondenza degli affioramenti arenacei i

PROGETTAZIONE ATI:

depositi risultano prevalentemente sabbiosi, come osservato lungo il versante occidentale della dorsale di Brufa, all'interno del territorio comunale di Torgiano, in cui ricade l'imbocco occidentale della galleria naturale in progetto.

- Depositi alluvionali recenti ed attuali - b (Olocene)

Individuano depositi alluvionali recenti di ambiente fluviale, ed occupano l'estensione dell'intera piana alluvionale del Tevere in quest'area, subito al di sotto del terreno agricolo rimaneggiato. Sono costituiti da litotipi rappresentati prevalentemente da limi sabbiosi, e secondariamente da sabbie limose e limi argillosi, sciolti o poco addensati, per uno spessore compreso tra 2 e 7 m. Le sabbie limose poggiano su uno spessore di ghiaie sabbiose, con clasti a spigoli vivi e ciottoli, con spessore variabile tra 3 e 7 m e ovunque presenti lungo il tratto orientale del tracciato. La parte sommitale delle alluvioni è organizzata in terrazzi, con dislivelli non superiori ai due-tre metri e bordi di terrazzo circa paralleli all'asse del Fiume Tevere. Le alluvioni recenti poggiano in para-concordanza sui depositi lacustri del Lago Tiberino.

- Depositi di Conoide - c (Olocene)

Depositi eterogeni a prevalente litologia sabbiosa e ghiaiosa, con ciottoli e clasti a spigoli vivi, presenti in alcune aree di raccordo tra i rilievi collinari e le pianure alluvionali, deposti dalle aste idrauliche minori, in fase erosiva.

Lungo il tracciato vengono intercettati nel tratto di raccordo tra le alluvioni del Tevere ed il versante occidentale della dorsale di Brufa, nel suo settore settentrionale, nel tratto compreso tra il viadotto sul Fiume Tevere e l'imbocco occidentale della galleria in progetto.

- Depositi alluvionali terrazzati - bn1 (Pleistocene-Olocene)

Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia e la dinamica attuali, costituiti prevalentemente da limi da sabbiosi ad argillosi, con rari corpi lentiformi ghiaioso-sabbiosi; tali Depositi giacciono a luoghi sopraelevati fino a 20 m sull'attuale fondovalle

Si incontrano lungo il tracciato in corrispondenza dell'imbocco occidentale della galleria naturale in progetto, e sono stati intercettati dal sondaggio S11, dove si rinviene un'alternanza di limi argillosi e limi sabbiosi da mediamente a molto consistenti, spessa circa 11 m ed in contatto col *bed-rock* miocenico.

- Sintema di Solfagnano (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)

Il sintema di Solfagnano (sotto-unità del supersintema Tiberino) è costituito da corpi sabbiosi tabulari e ghiaie canalizzate alternati a depositi argilloso-limosi, con prevalenza di questi nella parte basale. Il Sintema si trova inferiormente in contatto discordante col substrato miocenico. Nell'area di interesse progettuale, il sintema può essere distinto in due sotto-unità, la litofacies di Sant'Egidio, che affiora lungo tutto il settore orientale del tracciato, e le argille grigie inferiori, costituite da sedimenti lacustri, che si trovano direttamente a contatto con il substrato miocenico e che si rinvencono solo in sondaggio. Le due sotto-unità, separate da una superficie erosiva, vengono descritte di seguito.

Litofacies di Sant'Egidio - SLFc

È descritta in letteratura come una successione di limi e limi sabbiosi prevalenti, con sabbie talvolta cementate e a luoghi gradate e con laminazioni incrociate.

Affiora nel settore settentrionale della dorsale di Brufa, appena a sud dell'asse del tracciato della galleria naturale, dove si trova direttamente a contatto con il substrato litoide, con prevalenti litologie sabbiose, e sul rilievo collinare di Collestrada.

Qui, le litologie prevalenti, che vengono incontrate dal tracciato nel tratto in galleria artificiale, sono rappresentate da limi argillosi e sabbiosi, da marroni a grigio-bruni, da mediamente a molto

PROGETTAZIONE ATI:

addensati. Sulla collina, la litofacies si rinviene al di sotto di un corpo tabulare di ghiaie e conglomerati, riportato in letteratura come conglomerato del sintema di Collestrada, che poggia in discordanza al di sopra del sintema di Solfagnano e che costituisce la sommità del rilievo.

La litofacies di Sant'Egidio raggiunge i 21 m di spessore in corrispondenza della collina di Collestrada, dove poggia in discordanza angolare sui depositi lacustri e palustri delle argille grigie inferiori.

Argille grigie inferiori – AGI

Successione di limi argillosi grigio-azzurri di ambiente fluvio-lacustre e palustre, attribuiti ai depositi del Lago Tiberino; i limi si presentano generalmente addensati e omogenei, ricchi di materia organica e lenti di torba, solo a tratti varvati o con presenza di ghiaia fine.

Si rinvengono, solo in sondaggio, lungo il settore occidentale del tracciato nella piana del Tevere, a circa 7-8 m da p.c., subito al di sotto delle alluvioni recenti, con spessori che superano i 40 m, mentre lungo la collina di Collestrada si trovano al di sotto dei limi sabbiosi e argillosi della litofacies di Sant'Egidio.

Giacciono in discordanza sul substrato litoide miocenico, e rappresentano la base del supersintema Tiberino in questo settore del bacino.

- Formazione Marnoso Arenacea Umbra – MAU (Miocene medio-sup.)

Il tracciato della galleria naturale in progetto, e parte della galleria artificiale, attraversano questa formazione litoide, che nell'area di studio è rappresentata dal Membro di Bettona (Serravalliano-Tortoniano). Quest'ultimo è caratterizzato da arenarie a granulometria da media a fine, con struttura generalmente massiva, organizzate in banchi metrici o strati decimetrici, alternate a pacchi di marne e peliti in strati da centimetrici a decimetrici.

In affioramento si presentano come banchi metrici o strati decimetrici di arenaria beige, alternati a peliti marnose biancastre che frammentano in scaglie centimetriche.

In sondaggio si rinvengono, alternate tra loro, arenarie, calcareniti, marne, marne siltitiche, siltiti e argilliti, di colore grigio, generalmente con elevati valori di RQD (60-100%).

La percentuale di arenaria stimata in affioramento e da sondaggio è compresa tra il 30 ed il 50 %.

In affioramento sono state osservate presso l'ex cava di arenaria in località Ferriera, e sulla sommità della dorsale di Brufa, dove si trovano al letto degli spessori di sabbie e sabbie limose della litofacies di Sant'Egidio.

2.1.2. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

L'area attraversata dal tracciato si trova a cavallo tra la Media Valle del Tevere e la Valle Umbra, separate dalla dorsale collinare di Brufa, che assume un andamento a mezza luna, orientata circa SO-NE nel tratto Torgiano-Brufa e SSE-NNO da Brufa a Perugia in località Ferriera.

Il tratto di piana interessa le alluvioni recenti del Tevere, nel tratto della Media Valle compreso tra Ponte San Giovanni e Montebello, dove il fiume assume un andamento rettilineo orientato NE-SE, ad eccezione del meandro denominato "Ansa degli Ornari" nei pressi di Ponte San Giovanni.

Morfologicamente quest'area è costituita da una vasta area sub-pianeggiante con pendenze rotte esclusivamente da terrazzi morfologici e dagli alvei fluviali, oltre alle opere di canalizzazione ed ai rilevati antropici, con quote comprese tra i 160 e i 180 m.

Dato l'assetto pianeggiante della zona, non si rilevano elementi di predisposizione al dissesto.

L'area collinare di Brufa si estende dalla zona industriale di Torgiano al confine con il Comune di Perugia, e viene attraversata dal tratto naturale della galleria Collestrada in progetto. Lungo i lati della dorsale sono localmente presenti fossi erosivi in approfondimento, che seguono l'andamento delle direttrici tettoniche. L'approfondimento dei fossi è anche all'origine dell'instabilità gravitativa osservata lungo i fianchi della dorsale, che interessa prevalentemente le coltri eluvio-colluviali. I movimenti franosi che interessano la dorsale non sono di rilevante interesse per l'opera in oggetto,

PROGETTAZIONE ATI:

dal momento che il tracciato attraversa la dorsale in galleria naturale a profondità superiori a quelle di interferenza con i movimenti.

Il versante nord della collina di Collestrada, su cui fonda il tratto artificiale della galleria Collestrada, è caratterizzato da pendenze del 18-20% ed è interessato da un'instabilità gravitativa di diversa natura, già attribuita da altre relazioni specialistiche alle mediocri caratteristiche geomeccaniche dei terreni ed alla scarsa regimazione superficiale delle acque lungo il pendio, che provocano lenti movimenti stagionali delle coltri clastiche eluvio-colluviali superficiali, innescati da piogge intense. Dal rilevamento effettuato nell'area nel luglio 2022 non risultano evidenze di danni alle strutture a valle del versante, ma solo "indizi" di movimenti poco profondi quali pali dell'elettricità e lampioni per l'illuminazione stradale inclinati, presenti sia a monte che a valle del versante. Il corpo del versante, adibito a seminativo almeno fino alla seconda metà degli anni '70, si presenta attualmente densamente vegetato e non risultano visibili segni di movimenti antichi o recenti; l'unico elemento morfologico cartografabile è una scarpata metrica che corre parallelamente alla strada Comunale di Collestrada, circa 100 m più a valle di questa, con un'estensione di circa 350 m. L'elemento, borda la sommità delle frane PAI segnalate in quest'area, e la sua morfologia, dovuta alla presenza di un contatto litologico tra formazioni con diversa granulometria, è in parte accentuata dai movimenti gravitativi superficiali in atto lungo il versante.

2.1.3. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

La circolazione idrica sotterranea dell'area di interesse progettuale rientra nel più ampio contesto della Media Valle del Tevere.

L'acquifero principale è rappresentato dai sedimenti alluvionali recenti del fiume Tevere; tale acquifero con bassa estensione verticale, è bordato da depositi fluvio-lacustri plio-pleistocenici, costituiti prevalentemente da limi e argille con frequenti paleostrutture deltizie a conglomerati e sabbie (Colle di Perugia e di Montemigiano, collina di Collestrada).

Le formazioni fluvio-lacustri del Plio-Pleistocene e le formazioni flyschoidi (rispettivamente depositi del sintema di Solfagnano e Formazione Marnoso-Arenacea Umbra, nell'area di studio) non contengono invece corpi idrici di grande importanza, anche se localmente e limitatamente ad alcuni livelli, possono essere presenti falde acquifere.

Negli studi a carattere regionale queste ultime formazioni vengono generalmente considerate come dei limiti a bassa permeabilità che si interpongono tra gli acquiferi dei calcari Mesozoici e le falde alluvionali.

È stata ricostruita la geometria della superficie piezometrica interpolando i dati puntuali provenienti dalla campagna di monitoraggio piezometrico eseguita nell'ambito del presente progetto e da *dataset* provenienti da indagini pregresse.

Lo studio svolto ha evidenziato come all'interno della piana, lungo il settore occidentale del tracciato, sia presente una falda sospesa, circolante nello spessore inferiore più grossolano delle alluvioni recenti, con asse di drenaggio principale coincidente grossomodo con l'alveo del Tevere, ad andamento NE-SO.

La falda si trova generalmente entro i primi 6 metri dal piano campagna ed è sospesa sul tetto delle argille grigie inferiori, che fungono da *aquitard* e che verosimilmente mettono in pressione la falda presente nel sottostante *bedrock* miocenico, che si trova in connessione idraulica con la falda libera riscontrata nel rilievo collinare di Brufa.

Quest'ultimo mostra gradienti idraulici del 10%, ed è caratterizzato da una permeabilità prevalente di tipo secondario per fratturazione.

L'acquifero è in connessione idraulica con i livelli sabbiosi della litofacies di Sant'Egidio all'interno del rilievo di Collestrada, che vanno così a costituire un acquifero multifalda, limitato inferiormente dall'*aquitard* delle argille grigie inferiori.

Da qui la falda muove radialmente rispetto all'asse della collina, raccordandosi verso valle col livello della falda libera all'interno della piana.

Nelle tabelle di seguito vengono riportati i tratti di interferenza delle operazioni di scavo con la falda, per entrambi gli assi.

Tabella 2.1 Interferenza dello scavo con la falda freatica lungo l'asse sinistro del tracciato.

Chilometrica		Soggiacenza della falda rispetto al piano di scavo	Tipo di interferenza
Da km	a km		
3+465	3+950	-0.5/-3.5 m	Interferenza puntuale in corrispondenza di fondazioni di pile
4+600	6+670	0/-70 m	Interferenza lineare lungo scavo in galleria
6+865	7+215	-0,5/+1 m	Interferenza puntuale in corrispondenza di fondazioni di pile

Tabella 2.2 Interferenza dello scavo con la falda freatica lungo l'asse destro del tracciato.

Chilometrica		Soggiacenza della falda rispetto al piano di scavo	Tipo di interferenza
Da km	a km		
3+465	3+950	-0.5/-3.5 m	Interferenza puntuale in corrispondenza di fondazioni di pile
4+590	6+760	0/-70 m	Interferenza lineare lungo scavo in galleria
6+880	7+125	-0,5/+1 m	Interferenza puntuale in corrispondenza di fondazioni di pile

2.2. CAMPAGNE DI INDAGINE GEOGNOSTICHE

Tra i mesi di novembre 2020 e aprile 2021, a supporto del progetto in esame, è stata condotta una campagna di indagini geognostiche a cura della Geo Gav srl, su incarico di ANAS S.p.A. Struttura territoriale Umbria.

La campagna ha compreso le seguenti attività:

- N°21 sondaggi verticali a carotaggio continuo o a parziale distruzione di nucleo, di cui:
 - N°7 equipaggiati con strumentazione *downhole*;
 - N°1 equipaggiato con inclinometro e strumentazione *downhole*;

PROGETTAZIONE ATI:

- N°12 equipaggiati con piezometro a tubo aperto.
- N°79 prove SPT in foro;
- N°2 prove di permeabilità Lugeon in foro;
- N°6 prove pressiometriche Menard in foro;
- N°6 prove dilatometriche DRT in foro;
- N°90 campionamenti di terreno dai sondaggi, di cui:
 - N°27 campioni rimaneggiati;
 - N°63 campioni indisturbati;
- prove di laboratorio sui campioni di terreno;
- N°9 pozzetti geognostici, spinti fino ad un massimo di 2 m di profondità, su ciascuno dei quali è stata eseguita una prova di carico su piastra.



Figura 2.1 Ubicazione dei sondaggi a carotaggio continuo con indicazione del tracciato (linea rossa) (dalla relazione tecnica della Geo Gav, modificata).

I sondaggi eseguiti nel settore occidentale del tracciato, nella pianura alluvionale del Fiume Tevere (**S01, S02, S03, S04, S06, S07, S08, S09 e S10**), mostrano la presenza all'interno della piana di una successione lateralmente omogenea e continua, costituita da uno spessore di limi sciolti o poco addensati (2-7 m di spessore), subito al di sotto di uno strato di terreno agricolo rimaneggiato (0,5-1 m di spessore). Inferiormente si passa ad uno strato di ghiaie sabbiose alluvionali, spesso da 3 a 7 m, con clasti a spigoli vivi e ciottoli, all'interno del quale, come suggerito dalla campagna di misure piezometriche, si attesta il livello superiore della falda freatica.

A profondità comprese tra i 7 ed i 12 m da p.c., si incontra la successione di limi argillosi grigio-azzurri di ambiente fluvio-lacustre, attribuiti ai depositi del Lago Tiberino, in particolare al membro basale del sintema di Solfagnano (*argille grigie inferiori*); i limi si presentano generalmente addensati e omogenei, ricchi di materia organica e lenti di torba, solo a tratti varvati o con presenza di ghiaia fine. Lo spessore di questi sedimenti supera i 40 m in corrispondenza del sondaggio **S07**, e si assottiglia gradualmente muovendosi verso il bordo SE della piana. Il sondaggio **S08** raggiunge, a circa 30 m di profondità, il contatto di questa successione con il substrato litoide.

Il sondaggio **S11** attraversa lo spessore dei depositi terrazzati che bordano la piana in diversi settori, ed incontra il substrato litoide a circa 12 m di profondità.

I sondaggi **S12** ed **S13** sono stati eseguiti sulla dorsale collinare di Brufa, nel suo settore settentrionale, per la definizione delle litologie incontrate nella galleria naturale prevista lungo questa tratta. Il rilievo è costituito da una monoclinale, con strati immergenti circa verso est e inclinazione compresa tra 15 e 25°. Entrambi i sondaggi presentano un primo tratto eseguito a

distruzione, fino a profondità prossime alla quota di fondazione della galleria in progetto. Le litologie incontrate appartengono al Membro di Bettona della Formazione Marnoso-Arenacea Umbra.

I sondaggi eseguiti lungo il settore orientale del tracciato (**S15, S15 bis, S16, S17, S17 bis, S18, S19, S20 e S21**) mostrano uno spessore variabile di limi argillosi e sabbiosi da marroni a grigio-bruni di ambiente fluviale, da mediamente a molto addensati, attribuiti alla litofacies di Sant'Egidio, con uno spessore massimo di 21 m raggiunto nei sondaggi **S17** e **S17 bis**, dove la successione mostra uno strato basale di limi e limi sabbiosi ocra-grigiastri spesso circa 5 m. Al di sotto di questi spessori, si rinvengono i depositi fluvio-lacustri del membro basale del Sintema di Solfagnano, sopra descritti.

In particolare il tetto di questi ultimi, lungo la collina di Collestrada (**S17, S17 bis**) si rinviene a quote superiori di circa 40 m rispetto alla superficie di contatto con le alluvioni recenti riscontrata lungo la piana.

Al fine di definire il modello sismo-stratigrafico dell'area, mediante l'individuazione della profondità del *bedrock* sismico e la discretizzazione della velocità delle onde S per la definizione del parametro $V_{s,eq}$ (NTC2018), nel mese di dicembre 2021, nell'ambito del medesimo progetto e sempre a cura della Geo Gav srl, sono inoltre state eseguite:

- N° 4 indagini di sismica passiva HVSR;
- N° 2 indagini a sismica MASW;
- N° 11 stendimenti sismici a rifrazione SRT;
- N° 3 stendimenti sismici ibridi;
- N° 8 prove downhole

Le indagini geofisiche sono state eseguite in prossimità delle fondazioni delle infrastrutture in progetto (pile del viadotto sul Fiume Tevere, gallerie naturali e artificiali) ponendo le stese sismiche in corrispondenza delle prove *down hole*, così da poter calibrare le prime su queste ultime.

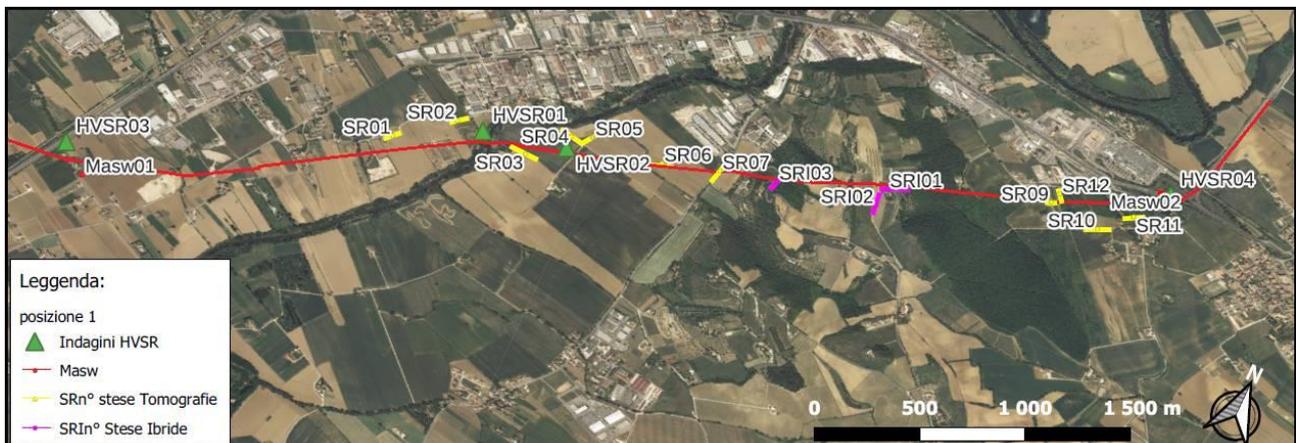


Figura 2.2 Ubicazione delle indagini geofisiche con indicazione del tracciato (linea rossa) (dalla relazione tecnica della Geo Gav, modificata).

Le indagini HVSR, di registrazione del rumore ambientale, sono state eseguite nel tratto di piana all'estremità occidentale del tracciato (HVSR03), in prossimità delle spalle del viadotto sul Fiume Tevere (HVSR01, HVSR02), ed in prossimità dell'imbocco orientale della galleria artificiale (HVSR04).

Di seguito vengono brevemente riassunti i risultati della prospezione sismica effettuata.

Strato	Vseq	Categoria di suolo NTC2018	Frequenze naturali dei terreni
HVSR1	588 m/s	B	$f_0 = 1,11 \text{ Hz}$ $f_1 = 20,72 \text{ Hz}$
HVSR2	476 m/s	B	$f_0 = 1,08 \text{ Hz}$ $f_1 = 16,86 \text{ Hz}$
HVSR3	947 m/s	A	$f_0 = 11,56 \text{ Hz}$ $f_1 = 0,88 \text{ Hz}$
HVSR4	259 m/s	C	$f_0 = 2,18 \text{ Hz}$

Tabella 2.3 Risultati delle misure di rumore ambientale.

L'interpretazione delle indagini ha consentito di ricavare le frequenze naturali di vibrazione dei terreni interessati dal tracciato. Le prove HVSR1 e HVSR2, in prossimità delle spalle del viadotto sul Fiume Tevere, non hanno individuato la presenza del substrato sismico.

L'indagine HVSR3 evidenzia un substrato sismico già alla profondità di 1 m, la cui presenza non è tuttavia confermata dai sondaggi effettuati nelle vicinanze del punto di prova.

L'indagine HVSR4, eseguita sugli spessori dei depositi della litofacies di Sant'Egidio, non rivela la presenza del substrato sismico.

Sono state eseguite N°2 prove MASW, rispettivamente alle estremità occidentale ed orientale del tracciato in prossimità delle prove HVSR3 (MASW1) e HVSR4 (MASW2).

Prova	Vseq	Categoria di suolo NTC2018
Masw1	357 m/s	C
MAsw2	260 m/s	C

Tabella 2.4 Risultati delle elaborazioni delle prove MASW.

L'indagine MASW1 presenta un leggero incremento delle Vs in corrispondenza del passaggio tra le alluvioni recenti del Fiume Tevere ed i sedimenti fluvio-lacustri del Bacino Tiberino, a circa 10 m di profondità.

L'indagine MASW 2 presenta il maggior incremento delle Vs a circa 25 m di profondità, al limite massimo di profondità raggiunta dai sondaggi in quest'area. Anche in questo caso non viene evidenziata la presenza del substrato sismico.

Sono state eseguite N°11 prove a rifrazione SRT, con produzione di altrettante elaborazioni 2D dell'andamento delle velocità Vp, che in alcuni casi hanno fornito utili indizi per la ricostruzione dell'andamento del substrato roccioso in profondità.

Sono state eseguite N°3 prove ibride in corrispondenza dei sondaggi S12 (SRI03) e S11 (SRI01 ed SR012), sulla proiezione in superficie di due verticali della galleria naturale in progetto. Le prove hanno evidenziato la presenza di "una serie di riflessioni relative che evidenziano una stratificazione sub-orizzontale con tratti di fratture sub-verticali"; l'analisi della distribuzione delle velocità delle onde P evidenzia invece una variazione di Vp compresa tra 600 m/s e 2500 m/s circa.

Sono state eseguite N°9 prove sismiche DH nei fori attrezzati con rivestimento in PVC del diametro di 80 mm spinte fino ad una profondità massima di 50m dal p.c..

PROGETTAZIONE ATI:

A causa dell'inversione presentata dai profili delle velocità delle onde di taglio ottenuti dalle prove sismiche Down Hole, secondo i criteri delle linee guida per la microzonazione sismica della Protezione Civile, si è resa necessaria l'elaborazione di un'analisi di risposta sismica locale, in corrispondenza delle opere d'arte principali.

Le analisi di risposta sismica locale (RSL) sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo che simulano la propagazione delle onde sismiche all'interno di un deposito di terreno, dalla sottostante formazione rocciosa (bedrock) fino in superficie.

2.2.1. INDAGINI AMBIENTALI

Al fine di accertare lo stato di qualità ambientale delle terre e rocce da scavo da destinare al riutilizzo e/o da smaltire come rifiuto e delle acque sotterranee è stato eseguito un piano di caratterizzazione ambientale. Lungo il tracciato, sono stati eseguiti campionamenti ambientali in N° 9 punti di indagine, di cui N°5 in corrispondenza dei fori di sondaggio e N° 4 in corrispondenza dei pozzetti, per un totale di N°20 prelievi di campioni ambientali.

I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B Tabella 1 allegato 5, al titolo V parte IV del decreto legislativo n.152 del 2006 e s.m.i, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica.

Si segnalano dei superamenti dei limiti della Colonna A (D.L.152/06, All. 5, Tlt. V, Tab 1), per i campioni prelevati dai pozzetti PZ03, PZ04, PZ11 e PZ12 e per i campioni prelevati dai sondaggi S06, S07 e S10.

In sintesi:

- **superano i limiti delle CSC indicate nella Colonna A**, per le concentrazioni di **idrocarburi pesanti (C>12)**, i campioni A-PZ03CA1, A-PZ04CA1, A-PZ11CA1, A-PZ12CA1, A-S06piezCA1, A-S06PiezCA2, A-S07DHCA2, A-CA1S10Piez e A-CA2S10Piez;
- **superano i limiti delle CSC indicate nella Colonna A**, per le concentrazioni di **zinco**, i campioni A-S13-96.70 e A-S07DHCA2.

In accordo con gli strumenti urbanistici del Comune di Perugia, tutti i punti di campionamento all'interno di questo territorio che presentano superamenti (S06, S07, PZ02, PZ03, PZ04, PZ11 e PZ12), ricadono all'interno di particelle con destinazione d'uso commerciale o industriale, dal momento che la realizzazione dell'opera in oggetto è già prevista dal PRG operativo lungo le fasce prescelte per il tracciato, e quindi, per poter stabilire la possibilità di riutilizzo delle T&R da scavo, i valori delle CSC rilevate devono essere confrontati con le CSC della Colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 della Parte IV al Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

In accordo con gli strumenti urbanistici del Comune di Torgiano, l'unico punto di campionamento all'interno di questo territorio che presenta superamenti (S10), ricade all'interno di una particella con destinazione d'uso *verde pubblico e privato e residenziale*.

Ai sensi dell'Art. 165 comma 7 e dell'Art.166 comma 5 del D.lgs. 163/2006, all'approvazione del progetto preliminare e del progetto definitivo gli enti locali provvederanno all'automatica variazione degli strumenti Urbanistici e quindi al conseguente cambio di destinazione d'uso delle aree impegnate dalla realizzazione del progetto in oggetto, e quindi le aree occupate dalla nuova opera ricadranno in siti con destinazione d'uso Commerciale e Industriale in cui è concesso il riutilizzo delle T&R da scavo le cui concentrazioni restano inferiori ai limiti imposti dalla Colonna B (D.L.152/06, All. 5, Tlt. V, Tab 1).

PROGETTAZIONE ATI:

Le concentrazioni per tutti i suddetti campioni restano comunque inferiori ai limiti imposti dalla Colonna B. Il riutilizzo dei materiali non conformi ai limiti in Colonna A è concesso esclusivamente per *Siti ad uso commerciale ed Industriale*.

•

2.3. GEOTECNICA

2.3.1. MODELLO GEOTECNICO

Dal punto di vista delle caratteristiche fisico-meccaniche sono state individuate n.5 unità geotecniche, che comprendono i terreni interessati dalla realizzazione delle opere all'aperto.

- **R**
Nell'ultimo tratto del tracciato di progetto è presente in superficie con uno strato di altezza media 3,5 metri un materiale di riporto costituito da detriti con pezzame grossolano in matrice sabbioso-limosa e rilevati stradali. Non è stato possibile caratterizzare geotecnicamente tale unità data la scarsità dei campioni prelevati, quindi, la definizione dei parametri presentati nei successivi paragrafi deriva da considerazioni cautelative.
- **UG1**
Unità geotecnica costituita da depositi alluvionali fini e dai depositi di conoide. Si presenta come un limo con argilla sabbioso. È presente in superficie, con uno strato variabile da 0,5 m a 12,0 m circa, nel primo tratto del tracciato di progetto fino all'imbocco Sud della galleria naturale.
- **UG2**
Unità geotecnica costituita da depositi alluvionali grossolani. Si presenta come una sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa. È presente al di sotto di UG1, con uno strato variabile da 1,5 m a 8,0 m circa, nel primo tratto del tracciato di progetto fino alla progressiva pk 4+200.
- **UG3**
Unità geotecnica costituita dalle argille grigie inferiori. Si presenta come un limo-argilla con sabbia/sabbioso. È presente nel primo tratto del tracciato di progetto, al di sotto delle UG1 e UG2, fino alla progressiva pk 4+300 a profondità maggiori di 10,0 m circa e nell'ultimo tratto, al di sotto di UG4, dalle progressive della galleria artificiale a profondità superiori a 15,0 m circa.
- **UG4**
Unità geotecnica costituita dalla litofacies di Sant'Egidio. Si presenta come un limo con argilla sabbioso. È presente in superficie, con uno strato di 15,0 m circa, nell'ultimo tratto del tracciato di progetto dall'imbocco Nord della galleria artificiale fino alla progressiva finale.

2.3.2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I range di variabilità dei parametri caratteristici delle unità geotecniche sopra descritte sono stati riassunti nella tabella di seguito riportata. Si rimanda, inoltre, ai profili geotecnici per la definizione della stratigrafia e del livello di falda di progetto.

Tabella 2-5: Parametri fisici e meccanici delle unità geotecniche in sito.

U.G.	γ [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	E' [MPa]	
R	18÷19	28÷32	0÷5	-	15÷25	
UG1	18÷19	25÷27	5÷10	50÷80	20÷25	
UG2	18÷22	29÷35	0÷5	-	40÷60	
UG3	19÷21	24÷30	5÷20	z<10	170÷200	45÷60
				10<z<30	200÷250	
				z>30	250÷300	
UG4	18÷20	25÷29	0÷10	100÷140	z<10	25÷35
					10<z<30	35÷45

2.4. IDROLOGIA E IDRAULICA

2.4.1. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Gli interventi ricadono nell'ambito del Sottobacino Alto Tevere.

Il Sottobacino Alto Tevere è la porzione montana del bacino del fiume Tevere che va dalle origini (monte Fumaiolo in Emilia Romagna, circa 1.300 m s.l.m.) fino a monte della confluenza con il fiume Chiascio. La superficie del bacino è pari a circa 2.174 km² di cui 1.436 in territorio umbro. La massima quota è di 1.454 m s.l.m., ma più del 95% del territorio presenta quote inferiori a 900 m s.l.m., con quota media di 541 m s.l.m.

La densità di drenaggio media è di 1,48 km/km².

Il bacino è caratterizzato da una morfologia prevalentemente collinare con una forte prevalenza di litologie scarsamente permeabili.

In territorio toscano il fiume disegna una valle alluvionale di discreta ampiezza, l'Alta Valle del Tevere che prosegue in territorio umbro fino alla soglia di Santa Lucia, pochi chilometri a sud di Città di Castello; più a sud si apre la Media Valle del Tevere, per lo più ricompresa nel sottobacino Medio Tevere. Altra zona pianeggiante di una certa estensione è il settore della Conca Eugubina compreso all'interno del bacino del torrente Assino. Tutte e tre le aree vallive sono sede di acquiferi alluvionali di una certa importanza.

I principali affluenti di questo tratto del Tevere, in territorio umbro, sono i torrenti Cerfone, Nèstore e Niccone in destra idrografica, Carpina e Assino in sinistra idrografica. I corsi fluviali ricadenti in questo sottobacino presentano un regime marcatamente torrentizio, di tipo appenninico o di magra estiva.

In territorio toscano, in località Gorgabuia, è stato realizzato, mediante sbarramento sul fiume Tevere, l'invaso artificiale di Montedoglio, recentemente entrato in esercizio. L'invaso, con superficie di circa 8 km² e capacità di 142,5 Mm³, è destinato a uso plurimo (prevalentemente irriguo e idropotabile).

I principali agglomerati urbani presenti nel sottobacino sono localizzati lungo la pianura del Fiume Tevere e sono rappresentati dagli abitati di Città di Castello ed Umbertide; Perugia ricade solo parzialmente nel territorio in esame, poiché una sua parte è ricompresa all'interno del sottobacino Nestore.

Attività agricola di particolare importanza è la coltivazione del tabacco in Alta Valle del Tevere.

Il sistema viario principale è rappresentato dalla Strada Statale n.3 bis e dalla Ferrovia Centrale Umbra che attraversano il territorio da nord a sud lungo il bordo orientale delle aree vallive.

Il sistema industriale si sviluppa con geometria lineare lungo le stesse vie di comunicazione con due aree a elevato grado di saturazione: la prima, a nord, nei comuni di Città di Castello, Umbertide e San Giustino, la seconda, a sud, nel comune di Perugia. I settori produttivi principali caratterizzati

PROGETTAZIONE ATI:

da alta industrializzazione risultano quelli del tabacco, vestiario, legno, carta e cartone, ceramica e macchine per l'agricoltura.

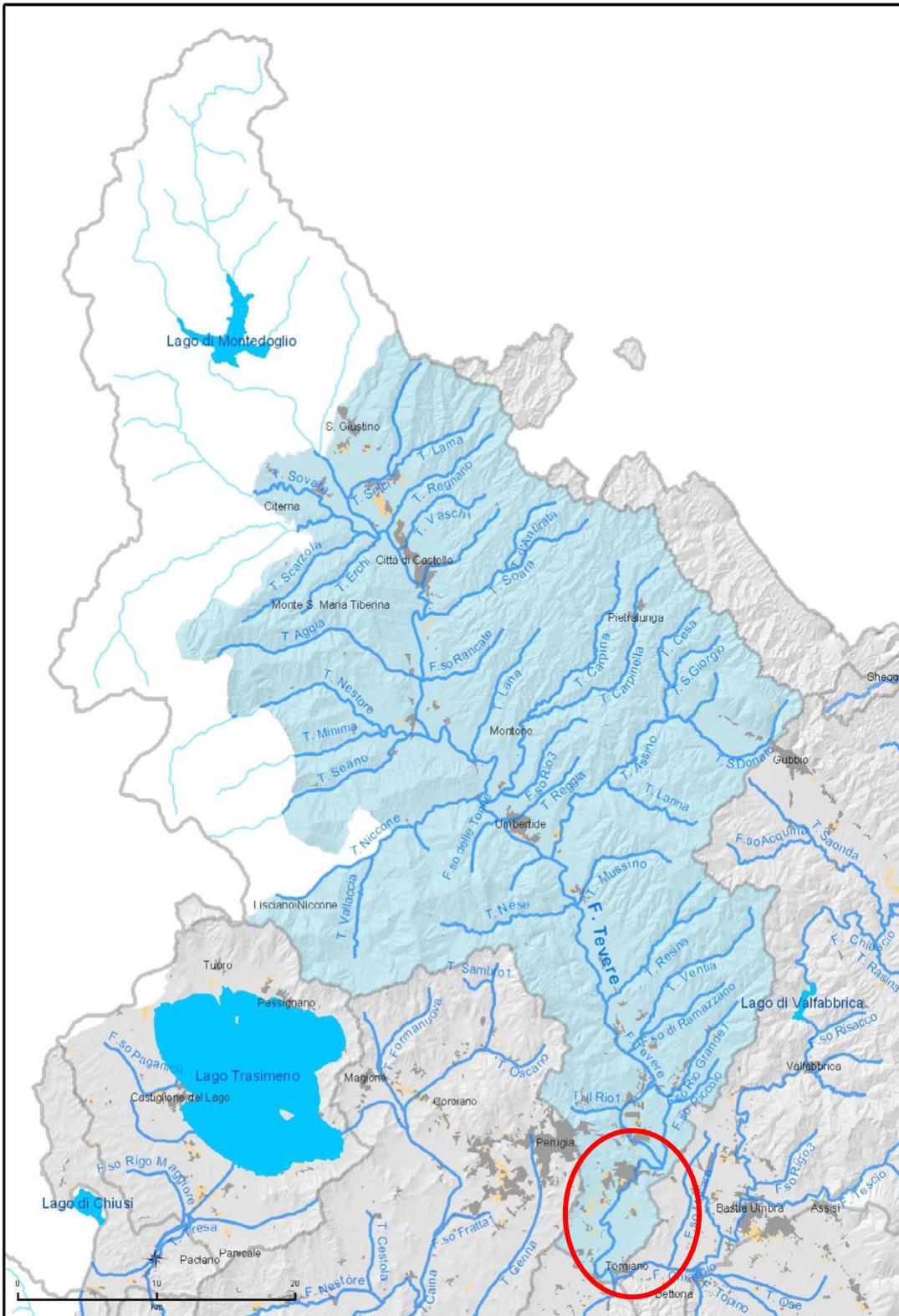


Figura 2-3: Bacino Fiume Tevere

PROGETTAZIONE ATI:

PROGETTAZIONE ATI:

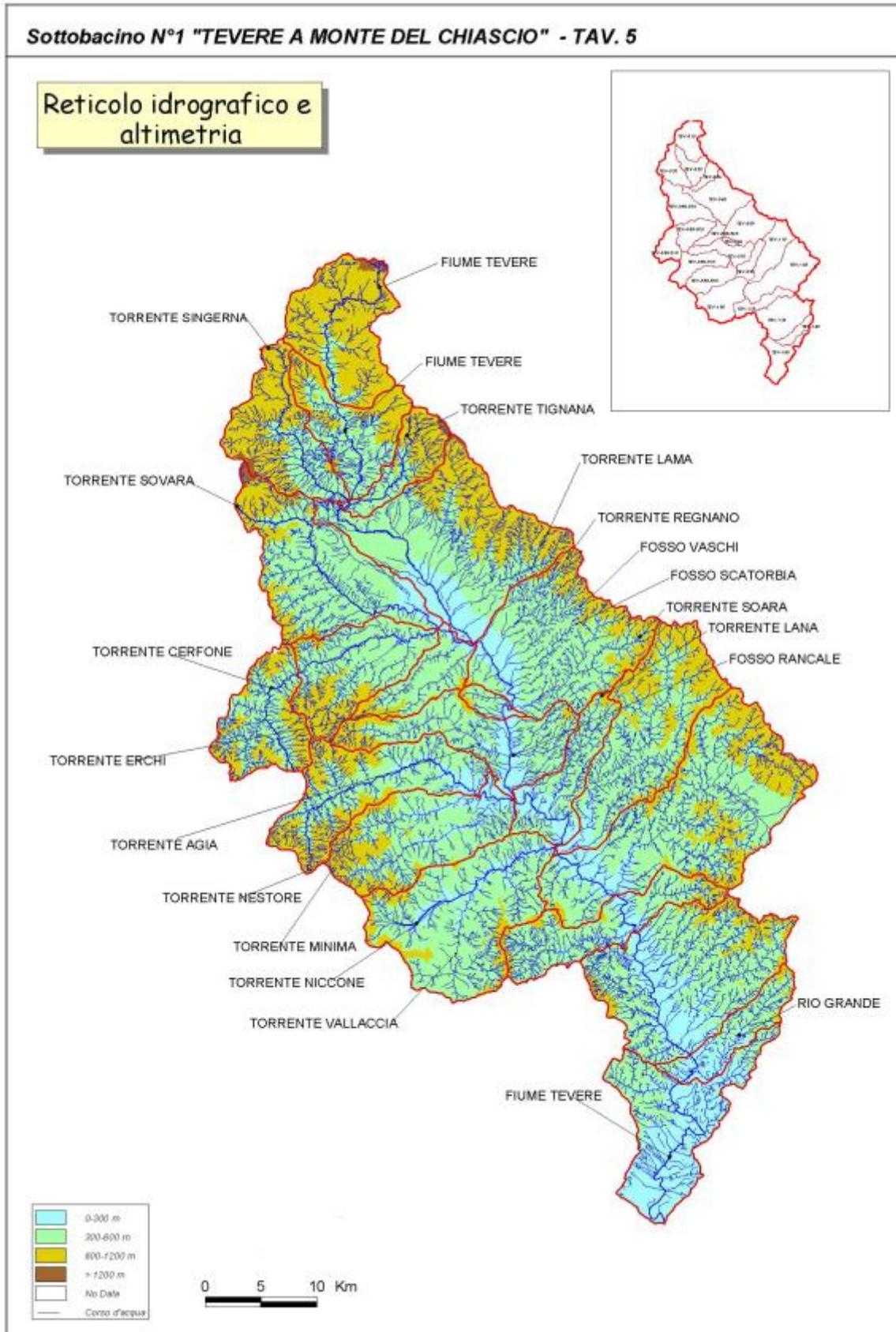


Figura 2-4: Sottobacino n. 1 "Tevere a monte del Chiascio" – Reticolo idrografico

PROGETTAZIONE ATI:

I bacini minori afferenti alla nuova infrastruttura di progetto in corrispondenza dei punti di intersezione tra quest'ultima ed i corsi d'acqua ad essa interferenti (si vedano elaborati T00.ID.00.IDR.CO.01 e T00.ID.00.IDR.CO.02 relative alle corografie dei bacini) sono stati definiti utilizzando i seguenti dati:

- reperimento del DEM del terreno dal sito internet <https://tinality.pi.ingv.it/> (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia) avente maglia pari a 10 x 10 m
- reperimento del reticolo idrografico maggiore e minore dal Servizio WFS (Web Feature Service) del Geoportale Nazionale al link <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-di-scaricamento-wfs/>
- elaborazione mediante applicativo SWAT+ del software Gis Open Source QGIS, finalizzata all'individuazione dei perimetri dei sottobacini idrografici afferenti alle opere in progetto.

Per identificare l'uso del suolo dei terreni ricompresi all'interno dei perimetri dei bacini idrografici appena individuati, indispensabile per determinare il parametro del Curve Number e quindi il tempo di corrivazione del bacino, si è utilizzato il database Corine Land Cover 2018 (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>). Tale sistema suddivide le superfici secondo la classificazione riportata in "Legenda del CORINE Land Cover".

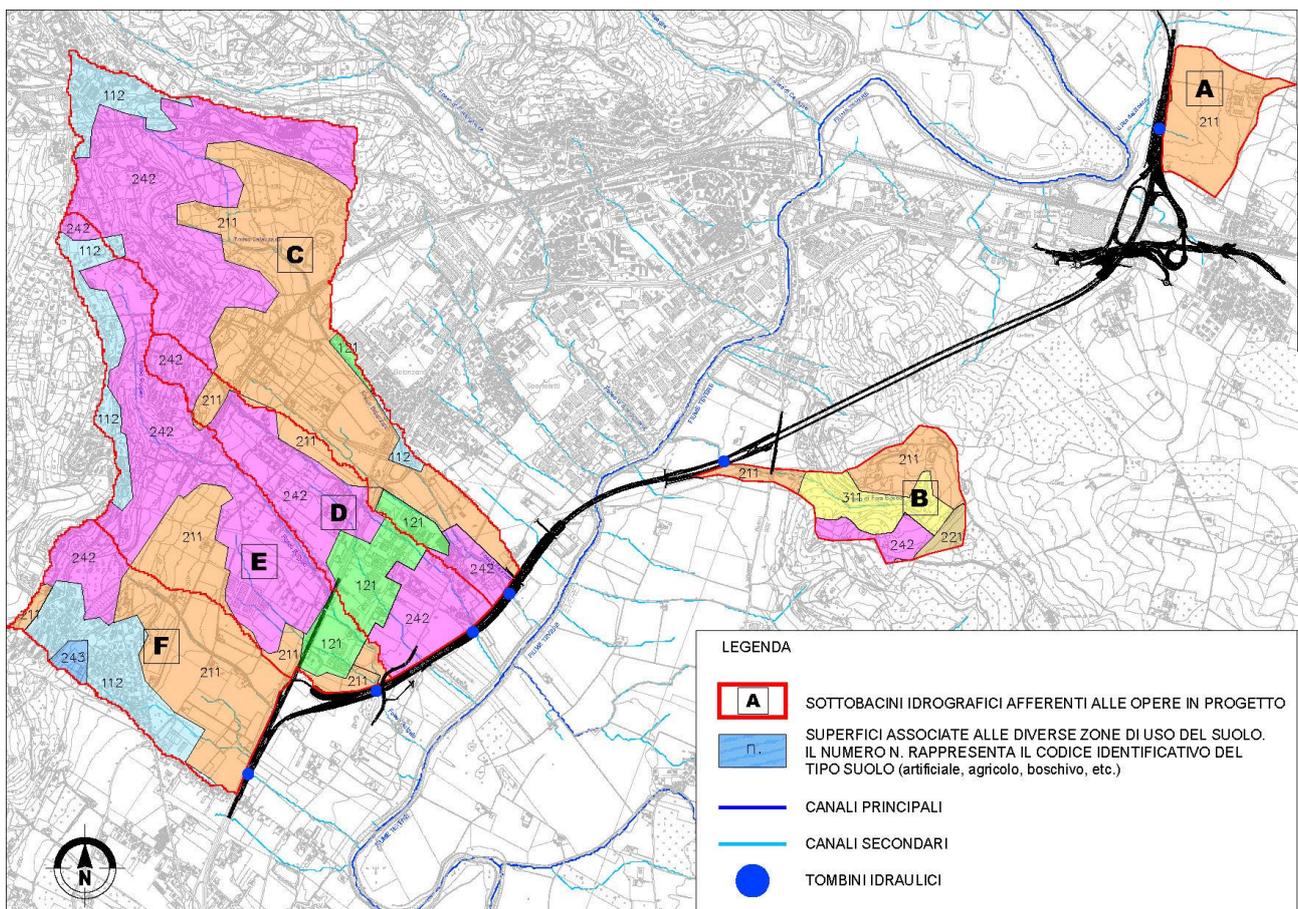


Figura 2-5: Mappa dei sottobacini e interbacini dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico regionale ed interferenti direttamente con l'infrastruttura stradale in progetto

2.4.2. STUDIO IDROLOGICO

La curva di possibilità pluviometrica è stata determinata tramite il metodo proposto dal Servizio Idrografico - Servizio risorse idriche e rischio idraulico della Regione Umbria (<https://servizioidrografico.regione.umbria.it/regionalizzazione-piogge-intense>).



Procedura per la stima dell'altezza di pioggia regionalizzata per fissato tempo di ritorno TR e durata D.

Per stimare l'altezza di pioggia regionalizzata per un fissato tempo di ritorno, TR, e durata D, è necessario effettuare i seguenti passaggi:

- 1) si seleziona il punto di interesse *i* sulla mappa grigliata 1 km x 1 km e sotto il layer "Coefficienti" si ottiene il valore medio di pioggia per la durata 24 ore, **MI(24)**, e la relativa zona di appartenenza (ZONA 1 o ZONA 2) come nell'esempio in Figura 1;

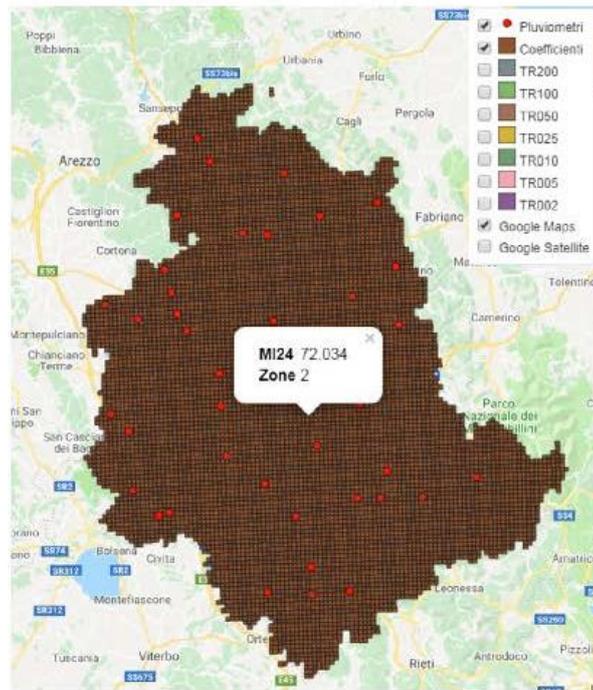


Figura 1. Valore di **MI(24)** e la relativa zona di appartenenza per un punto all'interno della griglia di regionalizzazione.

- 2) Il valore dell'altezza di pioggia regionalizzata $h_i(D, TR)$ di fissata durata D e tempo di ritorno TR, per ciascun punto *i*, può essere ricavato con la seguente espressione:

$$h_i(D, TR) = m_i(D)K_{TR} = \mathbf{MI(24)} \left(\frac{D}{24}\right)^\alpha K_{TR}$$

dove D è la durata della pioggia (in ore), α è un coefficiente variabile in funzione della zona e K_{TR} è il fattore di crescita che varia a seconda della Zona, del tempo di ritorno, TR (anni) e della durata della pioggia D. α e K_{TR} possono essere stimati come in tabella seguente:

Coefficiente	ZONA 1		ZONA 2
α	0.27		0.26
K_{TR}	(durate 1-3 ore)	(durate 6-48 ore)	(durate 1-48 ore)
	$K_{TR}=0.631+0.3809 \ln(TR)$	$K_{TR}=0.4898+0.4671 \ln(TR)$	$K_{TR}=0.7483+0.2972 \ln(TR)$

Si sottolinea che la procedura sopra riportata è quella descritta nel rapporto “Revisione della regionalizzazione delle piogge intense mediante analisi della variabilità spatio-temporale delle precipitazioni intense” (<http://servizioidrografico.regione.umbria.it/pubblicazioni/>) attraverso la quale sono stati ottenuti i valori di pioggia regionalizzati per i tempi di ritorno (TR) pari a 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anni e durata (D) pari a 1, 3, 6, 12, 24, 48 ore, pubblicati nel sito:

<https://servizioidrografico.regione.umbria.it/regionalizzazione>.

Si raccomanda di utilizzare la stessa procedura per ottenere valori di pioggia regionalizzati per durate D e tempi di ritorno TR differenti da quelli pubblicati nel sito. Per facilitare l'utilizzo di tale procedura è stato creato un file excel dove sono state implementate le formule per il calcolo dell'altezza di pioggia regionalizzata per una fissata zona, un fissato TR e un fissato valore di D. Si fa notare che i valori di K_{TR} calcolati nel file excel sono ottenuti facendo riferimento alle formule mostrate nella tabella sopra. Poiché tali formule derivano dall'interpolazione delle coppie T- K_{TR} in Tabella 4 del rapporto “Revisione della regionalizzazione delle piogge intense mediante analisi della variabilità spatio-temporale delle precipitazioni intense”, si potrebbero notare delle piccole differenze tra i valori di K_{TR} tabulati in Tabella 4 e quelli derivati dalla formula in excel (per i tempi di ritorno 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anni). Questo potrebbe comportare, di conseguenza, delle piccole differenze tra i valori di pioggia regionalizzata ottenuti dalla formula excel e quelli pubblicati nel sito per gli stessi tempi di ritorno.

Infine, nelle aree in cui siano presenti pluviometri della rete regionale (individuati dal layer “Pluviometri” sulla griglia della regionalizzazione), **si raccomanda di utilizzare il valore di pioggia più cautelativo** tra la regionalizzazione e le LSPP puntuali disponibili nella pubblicazione citata precedentemente.

Nel caso specifico l'altezza di pioggia è stata determinata in relazione al punto indicato nelle figure seguenti (<https://servizioidrografico.regione.umbria.it/regionalizzazione-piogge-intense>), a cui corrispondono i seguenti valori:

- MI24 = 63.161
- Zona di interesse: 2

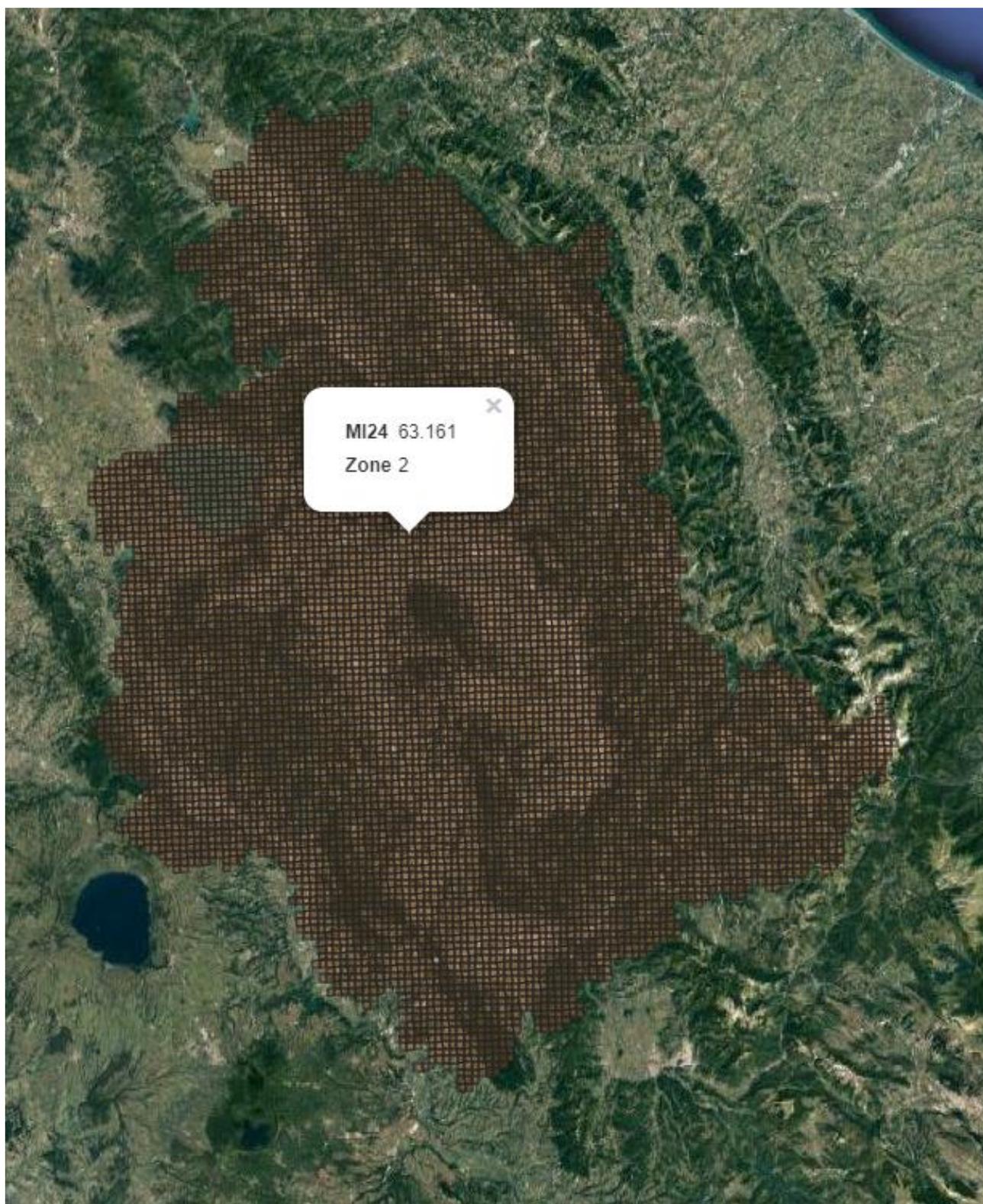


Figura 2-6: Valore di MI24 e relativa zona di appartenenza

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 2-7: Valore di MI24 e relativa zona di appartenenza - Dettaglio

PROGETTAZIONE ATI:

Per l'individuazione delle curve LSPP, sono stati presi di riferimento i dati pluviometrici relativi alle precipitazioni orarie per durate pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, e a quelle inferiori all'ora (scrosci) pari a 5, 10, 15, 20, 30 minuti, con riferimento alle stazioni prossime alle opere in oggetto che risultano avere una serie storica significativa:

- Stazione pluviometrica "Perugia Santa Giuliana"
- Stazione pluviometrica "Ponte Felcino"
- Stazione pluviometrica "Ponte Nuovo di Torgiano"

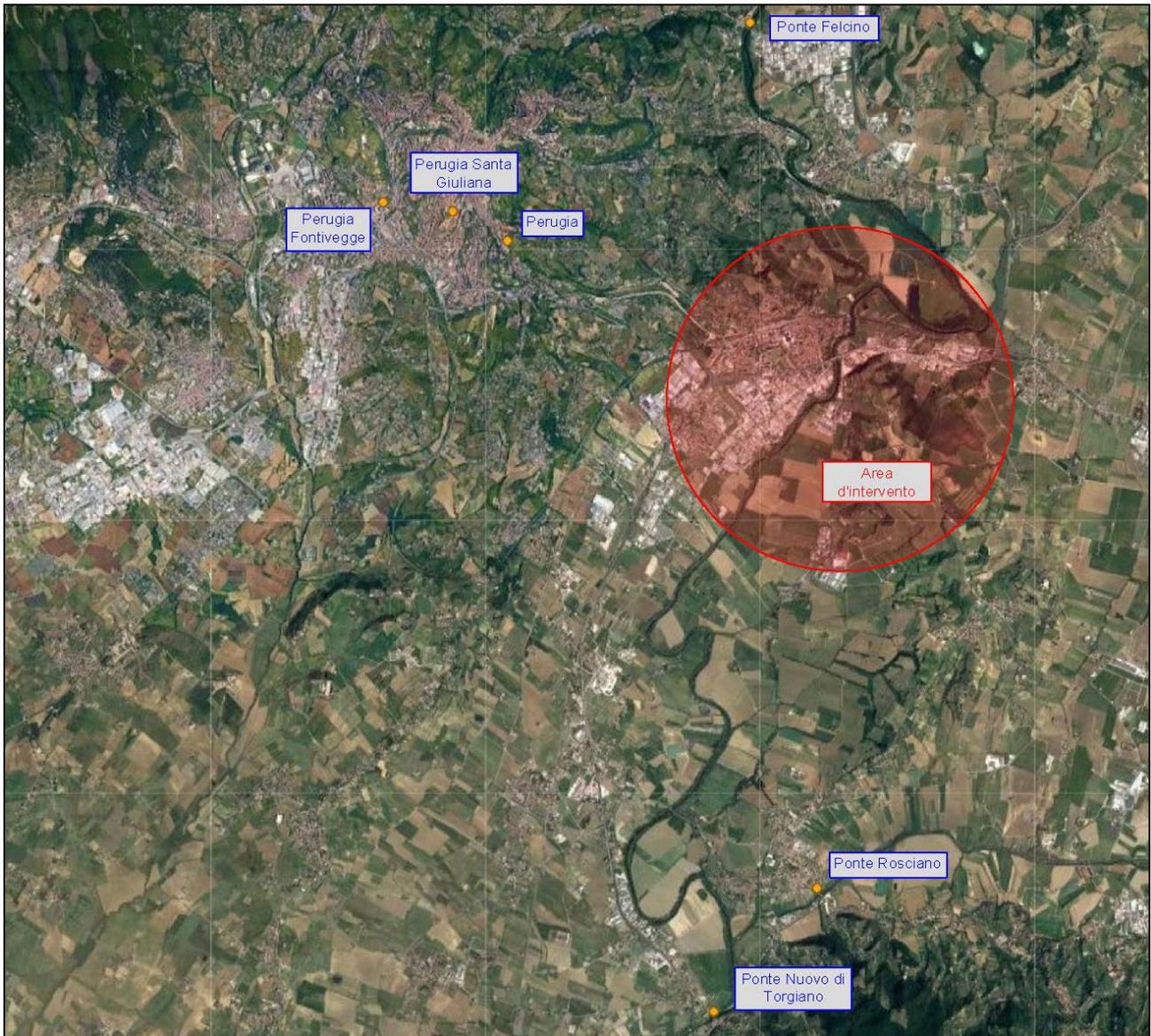


Figura 2-8: Planimetria con ubicazione delle stazioni pluviometriche di riferimento

La portata di progetto è stata determinata sia con metodo razionale che con metodi di statistica idrologica.

Di seguito si riporta un quadro sinottico contenente i valori di portata determinati con le due metodologie.

BACINO A	TR	Portata (metodo razionale)	Portata (metodo statistico)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	2.47	3.7
	25	2.93	4.9
	50	3.64	5.7
	100	3.99	6.6
	200	4.42	7.5

BACINO B	TR	Portata (metodo razionale)	Portata (metodo statistico)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	3.84	3.0
	25	4.56	4.0
	50	5.10	4.8
	100	5.65	5.6
	200	6.20	6.4

BACINO C	TR	Portata (metodo razionale)	Portata (metodo statistico)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	11.37	10.6
	25	13.50	14
	50	15.08	16.7
	100	16.71	19.4
	200	18.34	22.3

BACINO D	TR	Portata (metodo razionale)	Portata (metodo statistico)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	3.67	3.5
	25	4.35	4.7
	50	4.86	5.6
	100	5.39	6.5
	200	5.91	7.5

BACINO E	TR	Portata (metodo razionale)	Portata (metodo statistico)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	7.84	5.6
	25	9.31	7.5
	50	10.40	9.0
	100	11.52	10.5
	200	12.64	12.1

BACINO F	TR	Portata (metodo razionale)	Portata (metodo statistico)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	5.93	7.0
	25	7.04	9.2
	50	7.87	11.0
	100	8.72	12.8
	200	9.56	14.7

2.4.3. STUDIO IDRAULICO

La modellazione numerica è stata implementata in moto vario mediante l'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System) ver.6.2, sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center dall'United States Army Corps of Engineers. Per l'esauritiva trattazione dei principi teorici sui quali si basa la soluzione numerica delle equazioni di moto e di continuità che regolano il processo di moto si rimanda all'indirizzo internet <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/> (in particolare alle pubblicazioni "Hydraulic Reference Manual", "User's Manual" e "2D User's Manual").

Il modello numerico allestito per simulare la propagazione delle correnti di piena duecentennali e cinquecentennali è relativo al tratto di Fiume Tevere compreso tra le sezioni di PAI (Lotto B) TV_731 e TV_719 e presenta una lunghezza complessiva pari a circa 3300 m (da circa 1440 m a monte dei viadotti di progetto fino a circa 1860 m a valle).

La realizzazione dei nuovi viadotti è prevista in corrispondenza della sezione TV_726.

PROGETTAZIONE ATI:

La geometria dell'alveo inciso è stata desunta direttamente dalle sezioni trasversali di rilievo di PAI, mentre nelle aree golenali sono stati impiegati i dati LIDAR con risoluzione spaziale 1m x 1m forniti, previa apposita richiesta, dalla Regione Umbria.

Nelle aree 2D è stata impiegata una *mesh di calcolo* delle dimensioni medie di 10mx10m, opportunamente raffinata in corrispondenza delle pile dei viadotti di progetto fino a raggiungere le dimensioni di 1m.

Di seguito si riporta un estratto planimetrico del modello geometrico implementato per la configurazione di stato attuale.

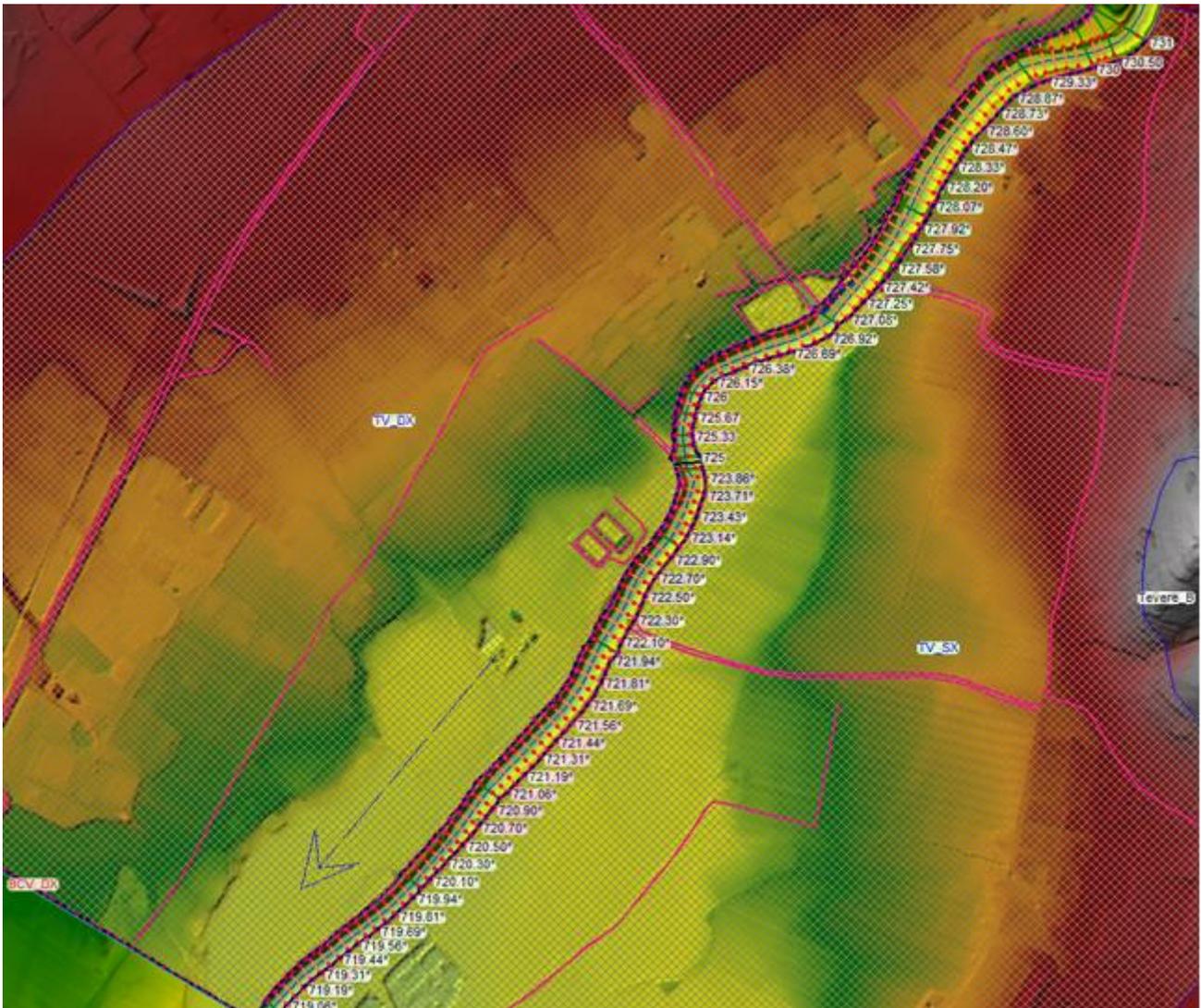


Figura 2-9: Estratto planimetrico del modello geometrico implementato per la configurazione di stato attuale

La simulazione dello **stato di progetto**, svolta a partire dalla configurazione di stato attuale, ha richiesto l'inserimento delle opere previste, costituite da rilevati stradali e pile dei viadotti all'interno delle aree 2D sotto forma di modifiche locali al modello digitale del terreno DTM, come visibile nell'estratto planimetrico del modello geometrico Figura 2-9.

Nel dettaglio di **Figura 2-11** è mostrata la schematizzazione delle pile, tra loro identiche e di forma ellittica, modellate sopraelevando il DTM in corrispondenza di ciascuna impronta fino al valore di 184.50 m s.l.m e raffittendo opportunamente la risoluzione della *mesh di calcolo* lungo il perimetro.

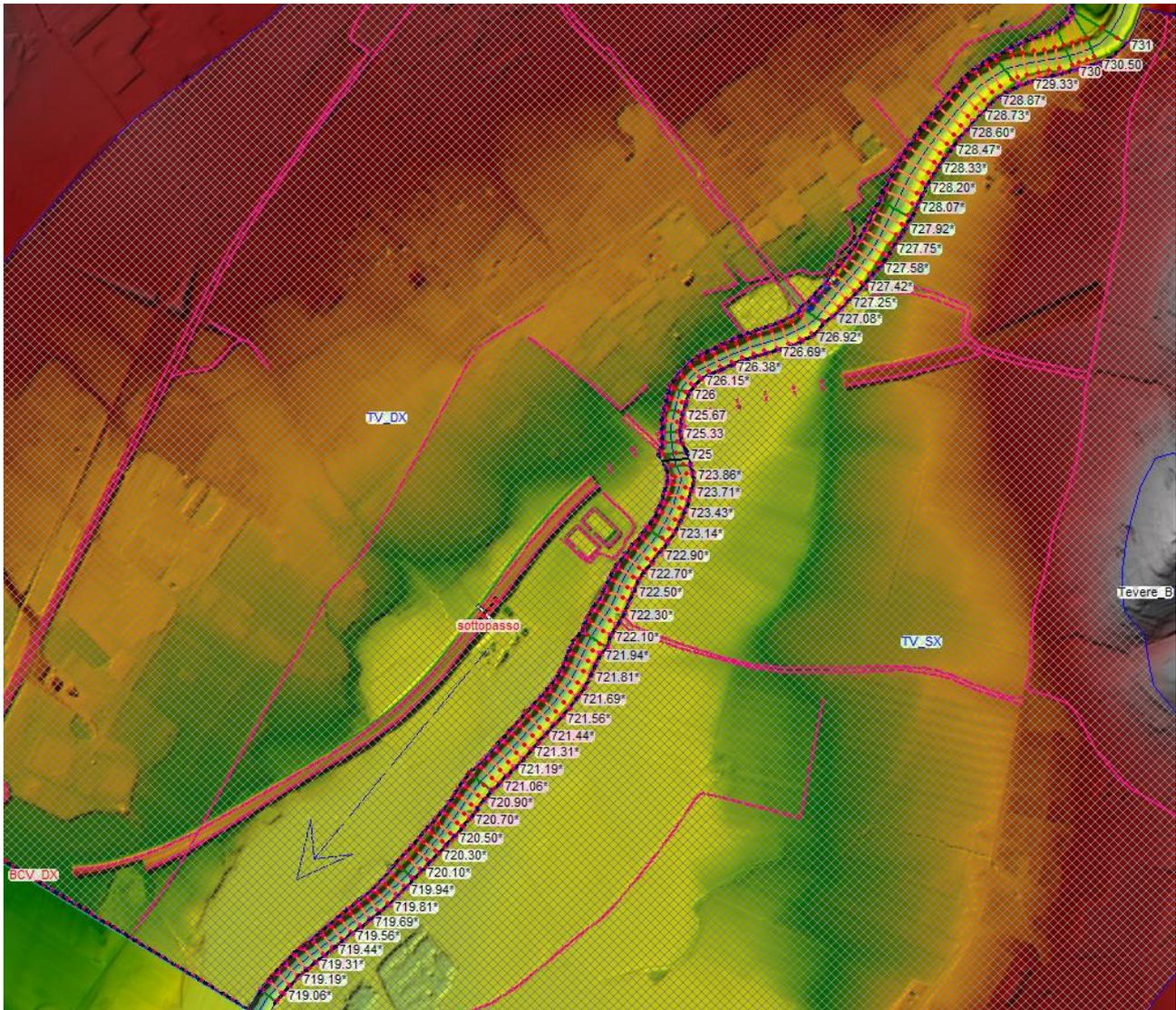


Figura 2-10: Estratto planimetrico del modello geometrico implementato per la configurazione di progetto

PROGETTAZIONE ATI:

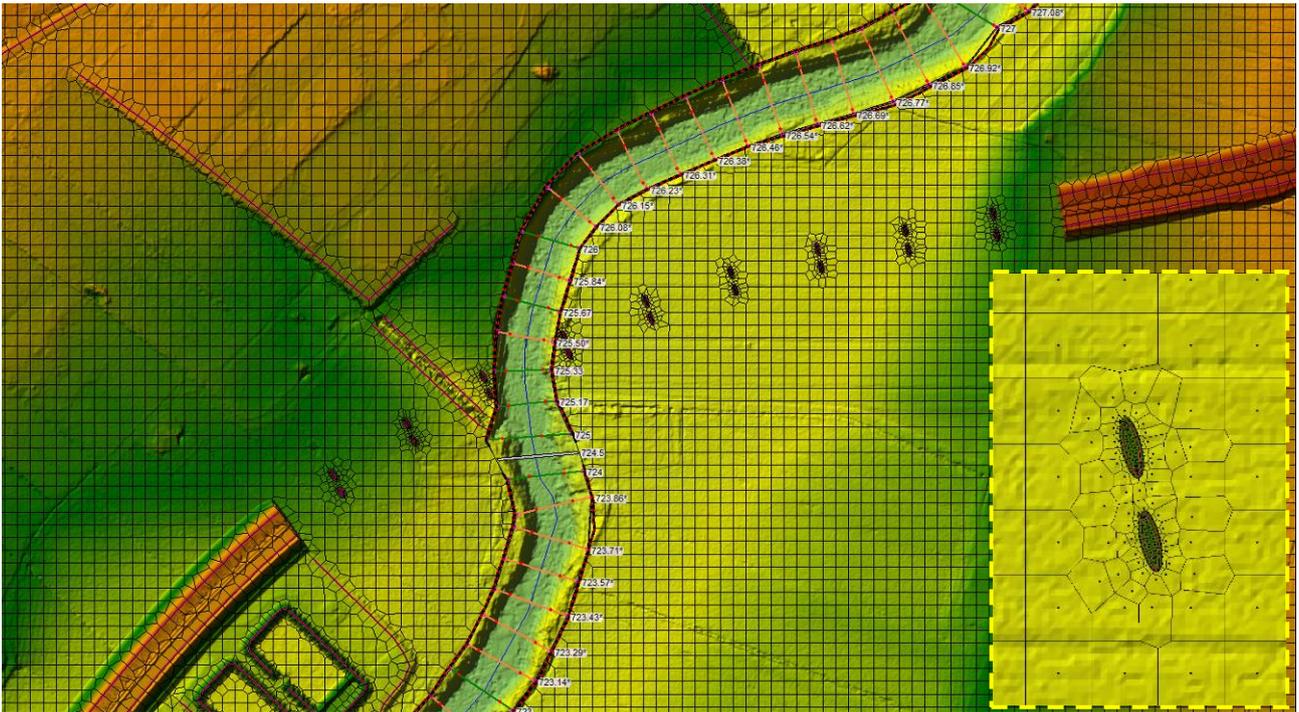


Figura 2-11: Dettaglio planimetrico della zona interessata dai viadotti affiancati di progetto, con un particolare della modellazione delle pile

Di seguito si riporta la perimetrazione delle aree allagabili risultanti dal modello numerico 1D+2D implementato nei due scenari TR200 e TR500 nella configurazione di stato attuale.

Le nuove perimetrazioni evidenziano un ottimo accordo con il PAI nella quasi totalità dei 3.3 km investigati, ad eccezione del modesto tratto, di lunghezza pari a circa 300 m, compreso tra le sezioni 723 e 722, in cui i risultati di PAI sembrano condizionati dalle limitazioni insite nel ridotto dettaglio geometrico di una modellazione 1D a sezioni estese.

PROGETTAZIONE ATI:

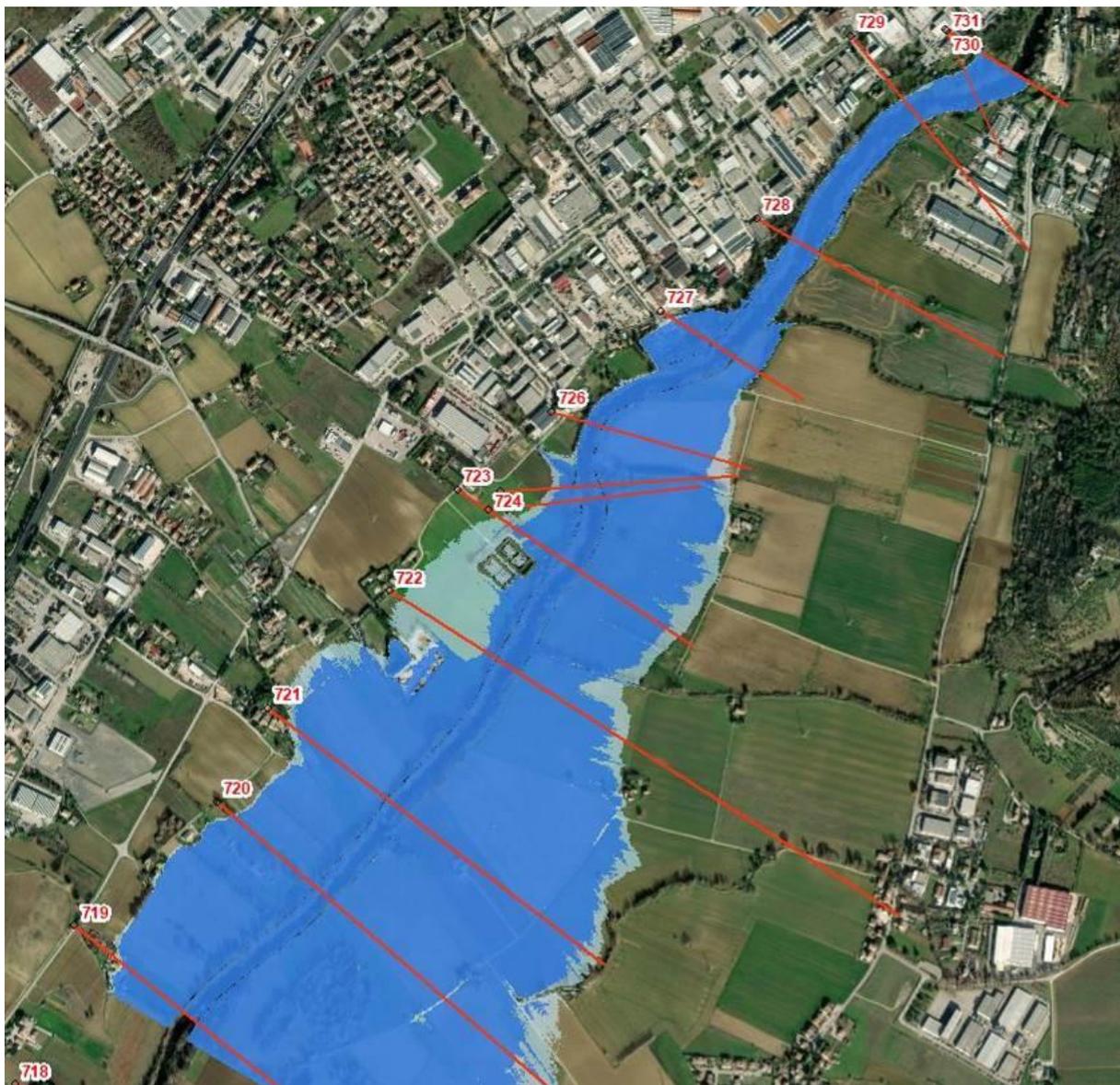


Figura 2-12: perimetrazione delle aree allagabili per TR = 200 e 500 anni nella configurazione di stato attuale desunta dal modello 1D+2D implementato

Si evidenziano di seguito i risultati di maggior interesse ottenuti mediante le simulazioni numeriche nella configurazione di progetto.

In **Figura 2-13** è mostrata una vista generale delle condizioni di allagabilità dell'area di interesse per TR = 200 anni, con rappresentazione dei battenti massimi e delle direzioni di flusso.

PROGETTAZIONE ATI:

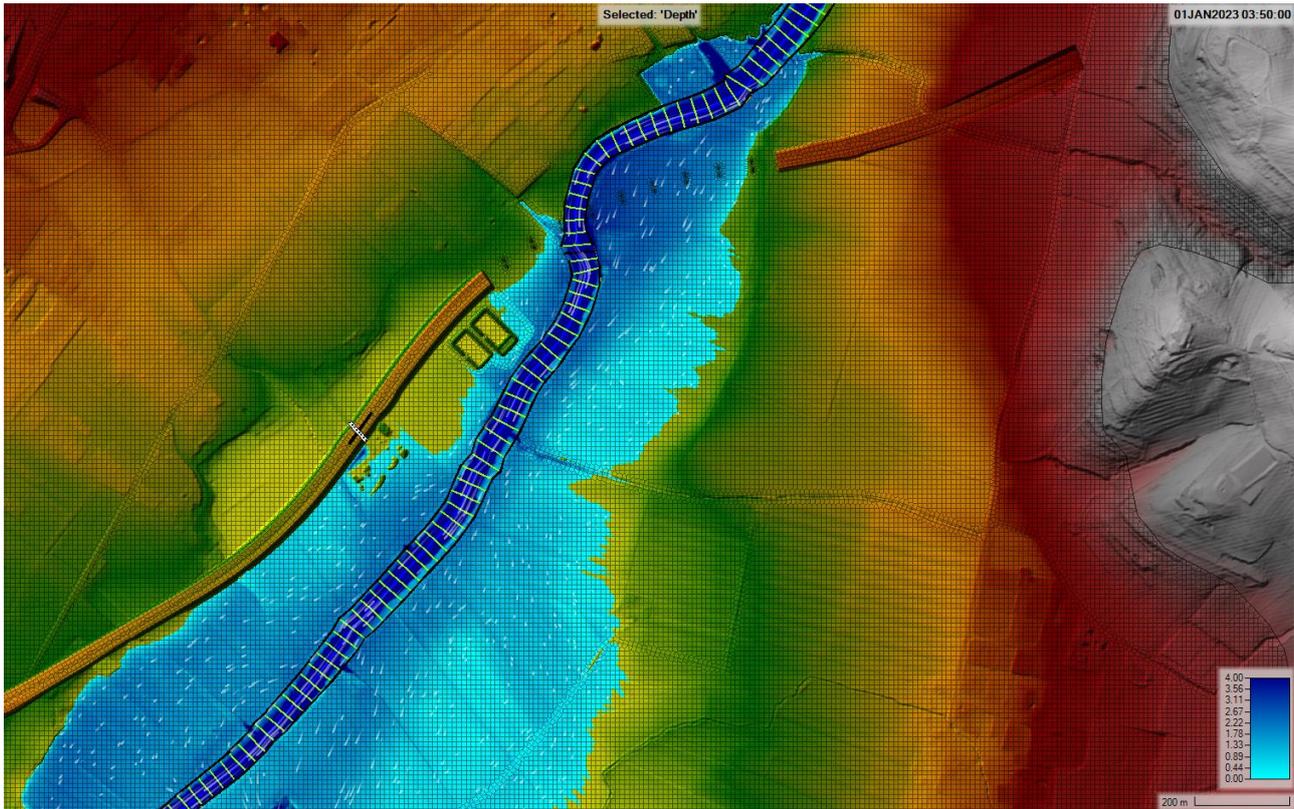


Figura 2-13: battenti massimi duecentennali (espressi in m) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali

In **Figura 2-14** è mostrato un dettaglio nella zona dei viadotti affiancati, che mostra come 12 pile siano complessivamente interessate dalla propagazione extra-alveo delle correnti di piena duecentennali (6 per ciascun viadotto).

La direzione di flusso delle correnti di piena extra-alveo è da Nord-Est a Sud-Ovest, formando un angolo di circa 45° con le pile poste in sinistra idrografica del fiume.

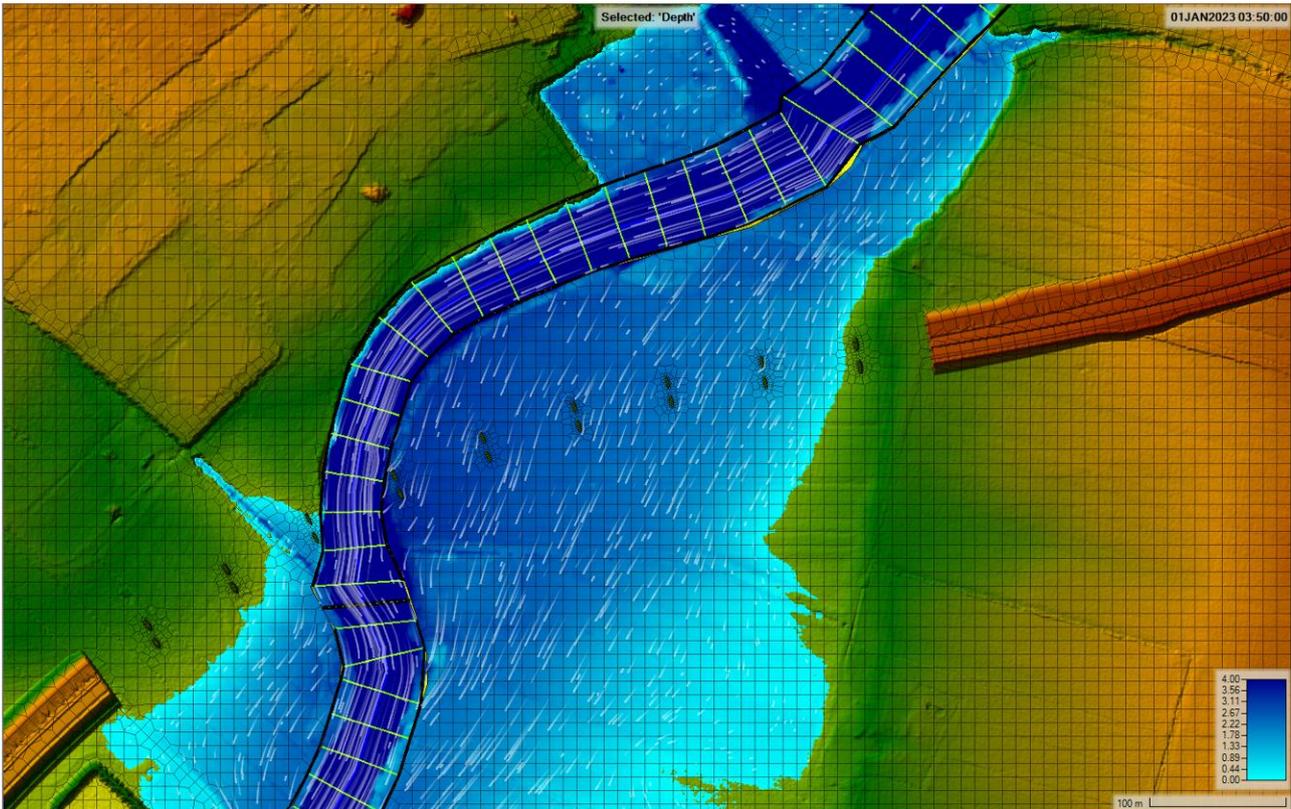


Figura 2-14: battenti massimi duecentennali (espressi in m) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali. Dettaglio presso le pile dei viadotti affiancati sul F. Tevere.

Nella figura seguente si riporta il profilo in asse ai viadotti affiancati di progetto, con indicazione del DTM, della quota massima della superficie libera TR200 e del valore numerico massimo, pari a **181.25 m s.l.m.**

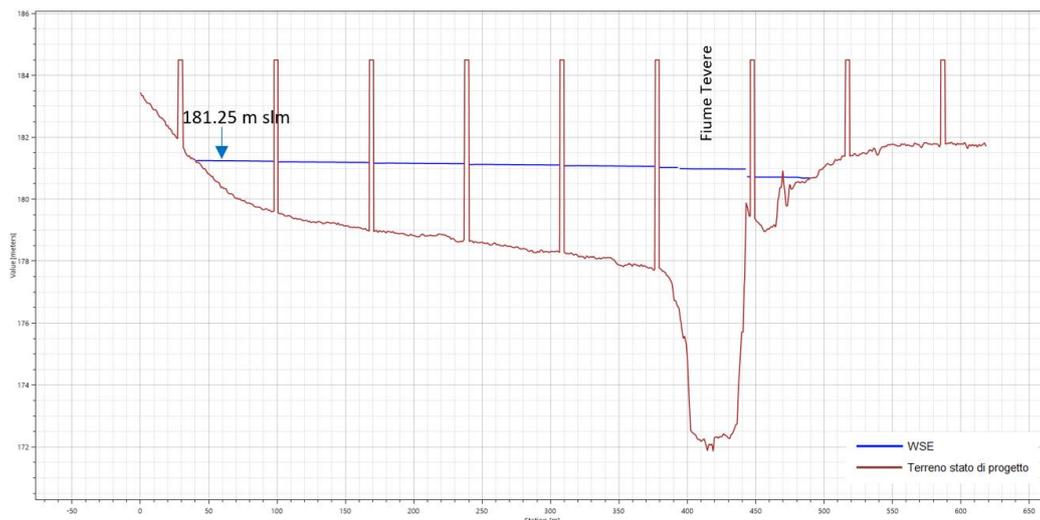


Figura 2-15: profilo in asse ai viadotti affiancati di progetto con indicazione del DTM (linea marrone), della quota massima della superficie libera TR = 200 anni (linea blu) e del valore numerico massimo espresso in m s.l.m.

Nella seguente **Figura 2-16** si riporta un estratto delle condizioni di allagabilità duecentennale dell'area relativo al rilevato stradale a diretto contatto con le correnti di piena, con indicazione delle quote massime locali raggiunte dal pelo libero.

PROGETTAZIONE ATI:

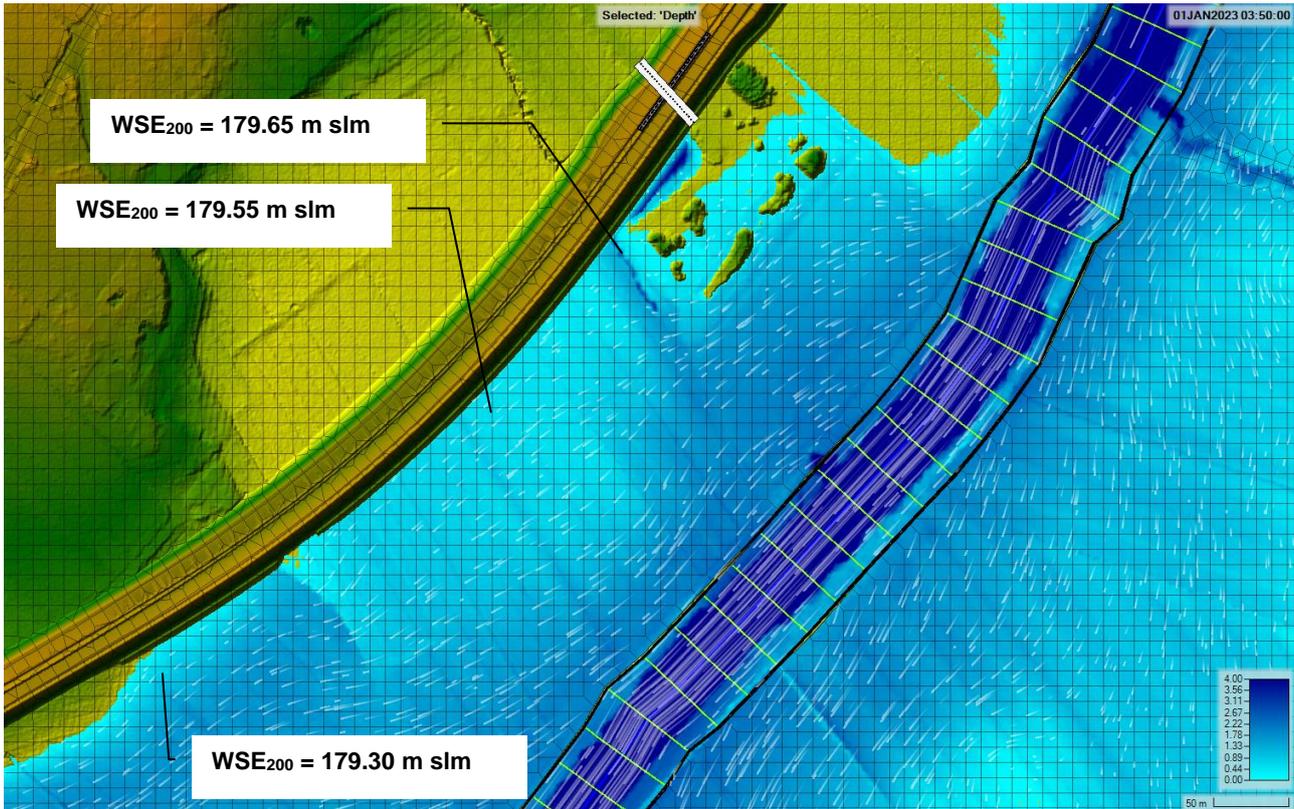


Figura 2-16: battenti massimi duecentennali (espressi in m) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali. Dettaglio presso il rilevato stradale a sud dei viadotti.

La figura seguente mostra, per lo scenario TR = 200 anni, la differenza tra i battenti calcolati nella configurazione di progetto e quelli di stato attuale, al fine di rappresentare graficamente le aree in cui la pericolosità idraulica rimane inalterata, si riduce o aumenta.

La figura mostra che nella quasi totalità del dominio di studio le differenze di quota della superficie idrica duecentennale, nel passaggio tra stato attuale e di progetto, si mantengono inferiori a circa 3 cm, quindi inferiori a quelle che potrebbero essere assunte come tolleranze di calcolo. L'unica area in cui si osserva una modificazione di pericolosità è nell'area golenale in destra idrografica, a sud dei nuovi viadotti, in cui si osserva una riduzione della pericolosità idraulica a causa della presenza del rilevato.

Quanto appena descritto dimostra che l'opera, nel tratto analizzato, non determina incrementi di rischio idraulico nelle aree contermini.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 2-17: Differenze tra i battenti locali duecentennali di progetto e attuali. Il colore grigio indica differenze contenute entro 3 cm (ricomprese nelle tolleranze di calcolo), il colore verde indica una riduzione di pericolosità idraulica.

2.5. SISMICA

Con Delibera Giunta Regionale del 18 settembre 2012 n. 1111 (pubblicata nel SO n. 3 del BUR n. 47 del 3/10/2012) è stato riclassificato l'intero territorio della Regione Umbria in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008.

Il Comune di Perugia ed il Comune di Torgiano ricadono entrambi in zona sismica 2.

Con l'OPCM n. 3519 del 28.04.2006 è stata approvata la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_g max) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec).

Dall'analisi della "Mappa interattiva della pericolosità sismica" del territorio nazionale, edita dall'INGV, risulta che nel territorio del comune di Perugia si hanno dei valori di accelerazione del suolo, riferiti ai suoli rigidi, (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compresi tra $0.150 \div 0.250$ a_g di accelerazione massima del suolo espressa come accelerazione di gravità.

Nel territorio del comune di Torgiano si hanno dei valori di accelerazione del suolo, riferiti ai suoli rigidi (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni), compresi tra $0.175 \div 0.225$ a_g .

Come richiesto dal paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC2018, è stata valutata la suscettibilità alla liquefazione dei terreni; sono state analizzate le distribuzioni granulometriche dei terreni presenti lungo il tracciato, ed i relativi fusi sono stati confrontati con gli intervalli di possibile liquefazione riportati nelle NTC2018.

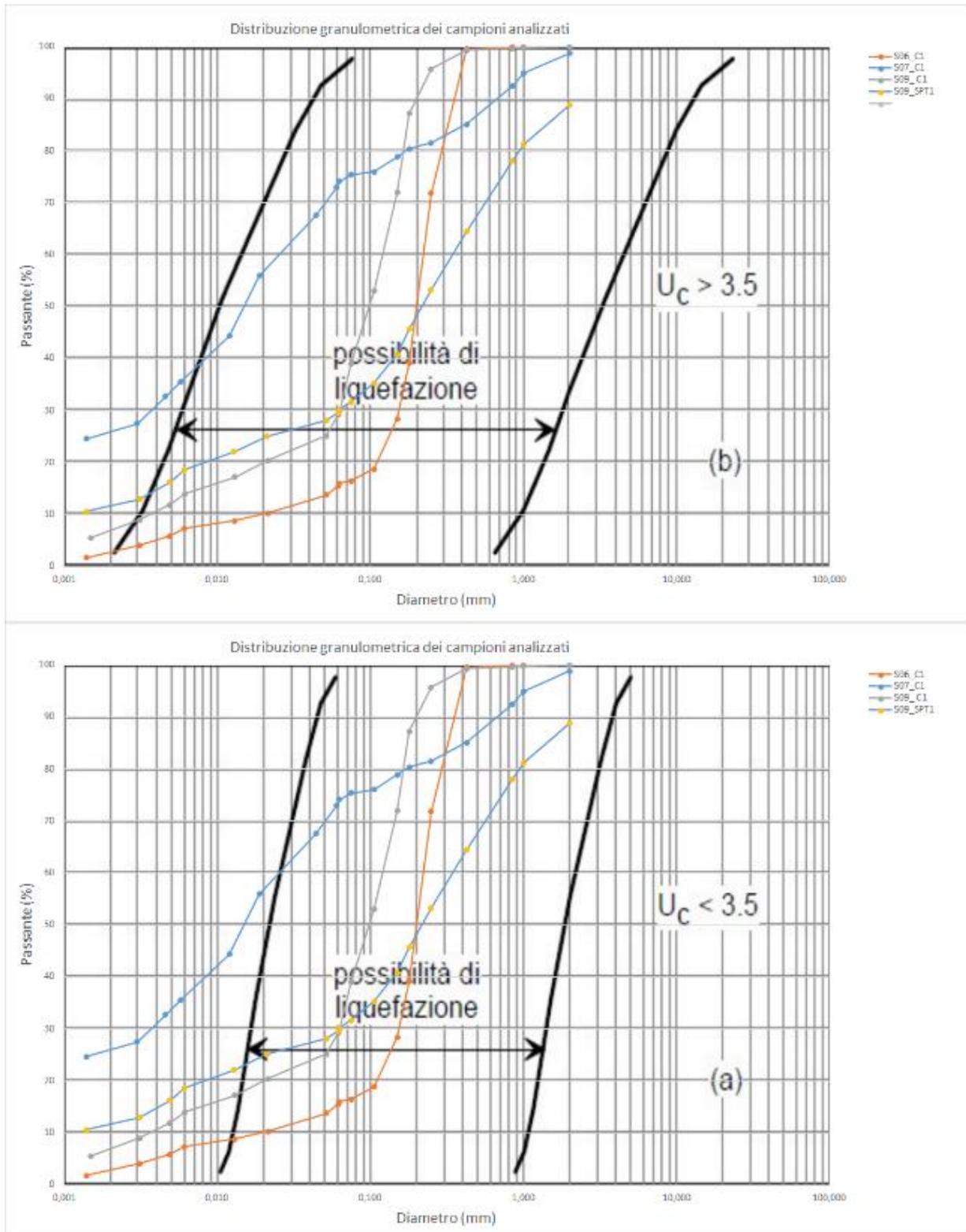


Figura 2-18 Confronto tra i campioni prelevati dai depositi alluvioni fini (bf) della piana del fiume Tevere ed i fusi di possibile liquefazione.

PROGETTAZIONE ATI:

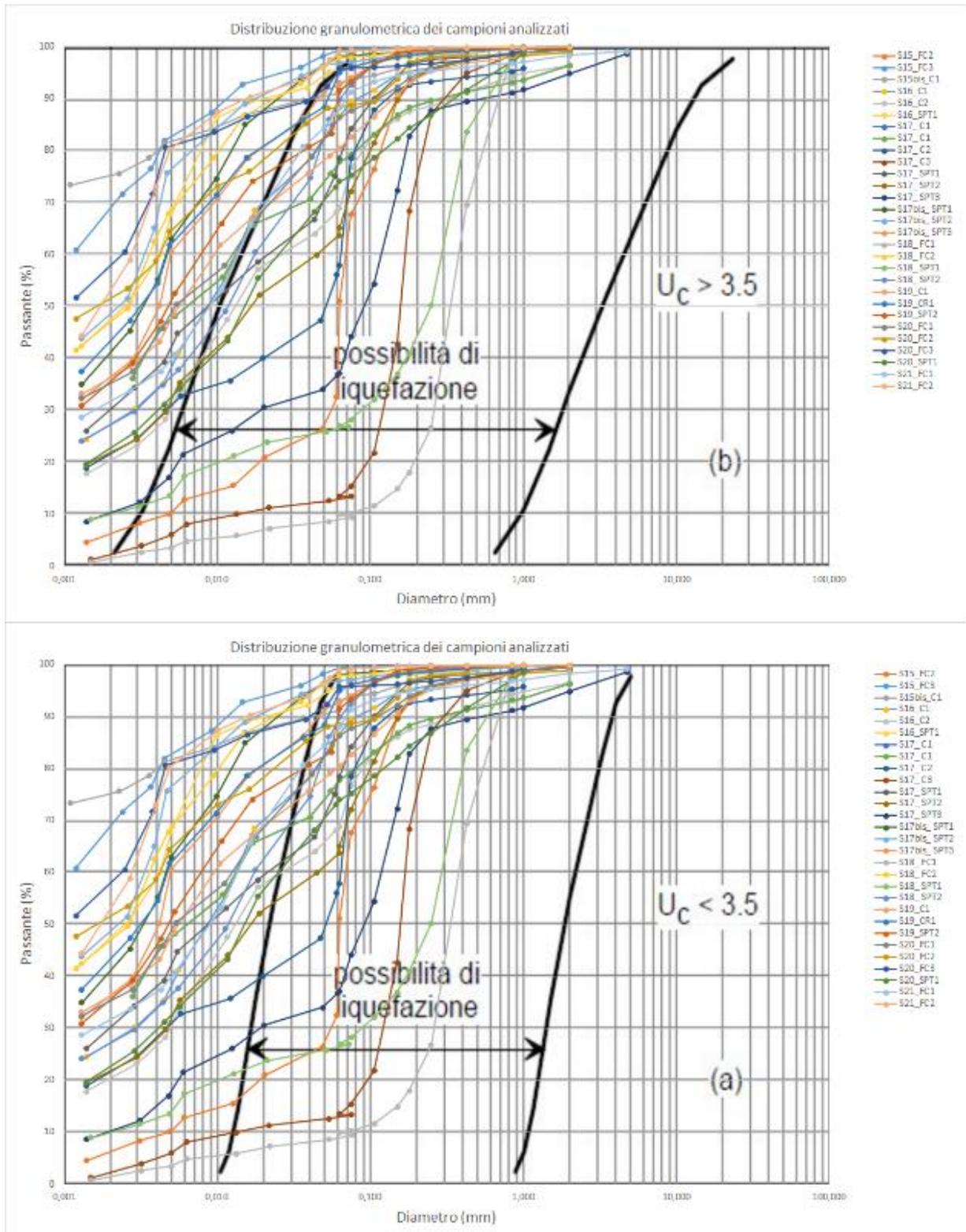


Figura 2-19 Confronto tra i campioni prelevati dalla litofacies di Sant'Egidio (SLFc) ed i fusi di possibile liquefazione.

PROGETTAZIONE ATI:

Le alluvioni fini della piana alluvionale del fiume Tevere e la litofacies di Sant'Egidio presentano distribuzioni granulometriche compatibili con la possibilità di liquefazione, unitamente alla presenza di una falda non superiore ai 15 m da p.c.

In particolare è stata eseguita una verifica a partire dai risultati delle prove penetrometriche SPT la cui granulometria ha presentato rischio di liquefazione, da campioni prelevati da queste litologie, che presentano una percentuale di campioni con granulometria compatibile con la possibilità di liquefazione.

Le verifiche effettuate hanno fornito un basso potenziale di liquefazione e fanno sì che si possa affermare che il problema della liquefazione è trascurabile.

È stato eseguito inoltre uno studio di riposta sismica locale, risultato necessario a causa dell'inversione presentata dai profili delle velocità delle onde di taglio ottenuti dalle prove sismiche Down Hole secondo i criteri delle linee guida per la microzonazione sismica della Protezione Civile.

Le analisi di risposta sismica locale (RSL) sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo che simulano la propagazione delle onde sismiche all'interno di un deposito di terreno, dalla sottostante formazione rocciosa (*bedrock*) fino in superficie. L'analisi consente la valutazione del moto sismico cosiddetto "*freefield*" (condizioni di "campo libero", ovvero in assenza di manufatti) definito fino all'effettivo piano di posa delle fondazioni delle opere in questione, considerando il reale sottosuolo presente al di sotto di esse. In particolare, attraverso le analisi RSL è possibile calcolare lo spettro di risposta delle accelerazioni orizzontali.

Le analisi sono state condotte con riferimento ad una geometria monodimensionale, che consente la valutazione degli effetti di amplificazione stratigrafica. Per quanto riguarda gli effetti di amplificazione topografica, si ritengono applicabili i coefficienti proposti dal D.M. 17/01/2018.

Le analisi sono state condotte con l'ausilio del programma di calcolo Strata adottando il metodo lineare equivalente, quindi, utilizzando un modello costitutivo visco-elastico lineare.

Per la definizione dell'input sismico di modellazione della RSL sono stati considerati accelerogrammi reali spettro-compatibili con lo spettro atteso per il moto di riferimento al suolo, considerando come criterio di scelta la distanza epicentrale, la magnitudo e l'accelerazione massima, come indicato nella normativa.

Dai risultati della RSL è stata prodotta una carta sismica che dà l'informazione sulle accelerazioni sismiche da considerare nelle verifiche in termini di PGA con periodo di riferimento $T=0,00$ secondi, definite per gli stati limite SLC, SLV e SLD. Tale accelerazione tiene conto degli effetti stratigrafici di sito (dalle osservazioni presentate precedentemente) ma non dell'informazione topografica, e rappresenta le aree interessate dal tracciato di progetto suddivise in zone ad uguale PGA. La definizione delle zone dipende da valutazioni fatte sulla specifica pericolosità sismica in funzione della posizione geografica, valutazione di uguali situazioni stratigrafiche e dal confronto dei risultati delle analisi di risposta sismica locale (esposte in precedenza) con gli spetti di risposta elastici di normativa.

ACCELERAZIONI SISMICHE NON AMPLIFICATE PER IL COEFFICIENTE TOPOGRAFICO			
ZONA	$a_g/g (T=0)$		
	SLC	SLV	SLD
1	0.365 g	0.317 g	0.159 g
2	0.372 g	0.291 g	0.135 g
3	0.392 g	0.370 g	0.140 g
4	0.380 g	0.300 g	0.150 g

Figura 2.20 Zone con differenti parametri sismici identificate tramite l'analisi di RLS.

2.6. PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO-STRUTTURALE

Il piano di monitoraggio previsto si prefigge lo scopo di:

- verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali e il comportamento osservato;
- verifica della qualità delle prestazioni dell'opera, dopo la costruzione.

Tabella 2-6 Grandezze da misurare e strumentazione prevista.

	GRANDEZZA DA MISURARE	STRUMENTAZIONE PREVISTA
<i>Regime idrogeologico</i>	Misura di pressioni interstiziali	Piezometri a tubo aperto
<i>Comportamento delle strutture (paratie, muri di sostegno)</i>	Spostamenti della struttura Carico sui tiranti	Mire ottiche, inclinometri, celle di carico
<i>Comportamento delle strutture (viadotti)</i>	Spostamenti della struttura Deformazione dei pali	Mire ottiche, clinometri, barrette estensimetriche
<i>Comportamento delle strutture (rilevati)</i>	Andamenti dei cedimenti nel tempo	Estensimetro profondo
<i>Comportamento delle strutture (gallerie)</i>	Spostamenti della struttura	Tubi inclinometrici, mire topografiche

Gli strumenti di monitoraggio dovranno essere installati:

- all'esterno, almeno tre mesi prima dell'inizio dei lavori, in modo da poter acquisire un numero di dati significativi ai fini della valutazione della situazione "ante-operam";
- all'interno delle parti componenti l'opera, durante le fasi realizzative.

Gli elementi geomorfologici osservati, sono dissesti di tipo superficiale e di modesta entità, localizzati nelle coltri superficiali che ricoprono le unità del substrato. Dai rilievi geologici effettuati in sito sono stabili ma sono disponibili misure per confermare tali valutazioni, per tale motivo è previsto un loro monitoraggio con piezometri ed inclinometri.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura della strumentazione su opere di sostegno e viadotti consta di letture iniziali, effettuate durante la costruzione della singola opera, e di letture successive ed effettuate per tutta la durata di realizzazione dell'intera infrastruttura fino ad un anno dopo il termine dei lavori.

PROGETTAZIONE ATI:

2.7. CARTOGRAFIA E RILIEVI

Tra le attività propedeutiche alla progettazione è stato eseguito un rilievo topografico con contestuale acquisizione di foto aeree, finalizzato alla verifica dello stato dei luoghi ed alla costituzione di una base di elaborazione progettuale aggiornata, sulla quale sviluppare nel dettaglio gli approfondimenti richiesti e le ottimizzazioni di tracciato, in particolare degli svincoli come descritto più nel dettaglio ai successivi paragrafi.

Per il rilievo topografico dell'area del tracciato è stata eseguita un'aerofotogrammetria su una fascia di 300+300m rispetto all'asse di tracciamento (circa 6km e circa 721 ha) con GSD 14 cm, overlap 70% e Sidelap 30%. La scala di restituzione è 1:2000 con sistema di rappresentazione in coordinate UTM-ETRF2000 e rettilinee.

Le attività del rilievo aerofotogrammetrico comprendono, in accordo con le specifiche del Capitolato d'oneri per l'esecuzione di indagini topografiche (Anas Rev. 09/2017):

1. Presa aerofotogrammetrica ed approntamento del materiale fotografico.
2. Controllo, inquadramento e raffittimento della rete geodetica comprendente la determinazione dei punti fotografici di appoggio, dei vertici trigonometrici e dei capisaldi di livellazione.
3. Restituzione dei fotogrammi e produzione della minuta di restituzione.
4. Ricognizione ed integrazione della minuta di restituzione con operazioni a terra.
5. Disegno degli elaborati grafici e produzione dei file numerici.

Dal rilievo sono state inoltre estratte le ortofoto da utilizzare nella progettazione.

Nella pagina seguente si riporta un confronto tra la foto aerea del 2003 e la foto aerea del 2021.



Figura 2.21 Stralcio ortofoto – anno 2003



Figura 2.22 Stralcio ortofoto – anno 2021

2.8. ASPETTI ARCHEOLOGICI

Nell'ambito della progettazione definitiva relativa alla tratta "PG372-Nodo di Perugia Varianti alla S.G.C. E/45 e al Raccordo Autostradale Perugia A1 Tratto Madonna del Piano - Collestrada", ai fini della tutela e per acquisire ulteriori elementi di conoscenza sul potenziale archeologico dell'area interessata dal progetto¹, nel corso di una riunione in remoto tenutasi in data 28 febbraio 2022 con il funzionario responsabile per il territorio, Dott. Giorgio Postriotti, si è preliminarmente condiviso che tali attività sarebbero state eseguite con sorveglianza archeologica. Con nota prot. ANAS CDG-0215113-U del 04/04/2022 è stato comunicato l'avvio delle indagini geognostiche e ambientali previste ed il nominativo dell'archeologo responsabile dell'attività.

Le indagini si sono svolte in data 27-28 aprile 2022 sotto la sorveglianza archeologica sul campo da parte del dott. Pierfrancesco Izzo² del Coordinamento Progettazione ANAS.

Lungo il tracciato in progetto erano previsti 12 pozzetti a caratterizzazione ambientale di dimensioni m 2x1,50, prof. m – 2, di questi ne sono stati eseguiti di n. 9 ma di dimensioni m. 5x1,40, con una prof. Min. m. 0,90 e max. m. 2,20.

Tali indagini costituiscono un primo livello conoscitivo delle aree interessate dalle future lavorazioni, utili tuttavia alla conoscenza del potenziale archeologico dell'area, in quanto consentono di acquisire informazioni dirette sul terreno in relazione alla presenza di eventuali depositi antropici di interesse archeologico.

Inoltre, sono stati visionati le cassette ed i risultati dei 20 sondaggi a carotaggio continuo (fori 101 mm – prof. min. 30 - max 50 m) effettuati dal 22/11/2020 al 14/04/21.

3. INFRASTRUTTURA DI PROGETTO

Il tracciato dell'**asse principale** ha inizio in corrispondenza dell'E45 (SS3bis) con l'inserimento dell'intersezione a livelli sfalsati denominata "Svincolo di Madonna del Piano", dopodiché si sviluppa in direzione Nord-Est secondo due assi paralleli ("Asse dx" in direzione Nord e "Asse sx" in direzione Sud) e termina in corrispondenza della seconda intersezione a livelli sfalsati prevista in

PROGETTAZIONE ATI:

progetto denominata “Svincolo di Collestrada”. Il tracciato, dopo un primo tratto in rettilineo, piega verso sinistra con una curva di raggio pari a 893.80m per l'Asse sx e 900.00m per l'Asse dx per poi proseguire secondo una sequenza di due rettilineo raccordati da una curva in sinistra anch'essa di raggio pari a 893.80m lungo l'Asse sx e 900.00m lungo l'Asse dx; dopodiché il tracciato piega verso destra con una curva di raggio pari a 960.00m per l'Asse dx e 966.20m per l'Asse sx scavalcando il fiume Tevere per poi proseguire, dopo un breve rettilineo per l'Asse dx e un flesso per l'Asse sx, in galleria secondo una curva sinistrorsa di ampio raggio ($R=1800m$) seguita lungo l'Asse dx da una sequenza di tre rettilineo raccordati da una curva in destra di ampio raggio $R=7500m$ e una curva in sinistra di raggio 900.00m che permette all'asse in progetto di rientrare verso l'esistente E45 alla quale si raccorda; lungo l'Asse sx, invece, il tracciato prosegue con un'altra curva di ampio raggio $R=7500m$ collegata alla precedente da un rettilineo di sviluppo pari a circa 1000m, dopodiché il tracciato prosegue con un tratto in continuità caratterizzato da due curve sinistrorse di raggio 870.00m e 820.00m e termina con un'ultima curva di ampio raggio $R=7500m$ seguito da un ultimo rettilineo di sviluppo pari a circa 217.66m che permettono all'asse in progetto di rientrare verso l'esistente E45 di raccordarsi.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; sia per l'Asse dx che per l'Asse sx il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 3.00%, mentre i raggi minimi sono pari a $R=3441.00m$ (concavo in raccordo all'esistente E45), $R=8000m$ (concavo) e $R=10000m$ (convesso).

Lo **svincolo di Collestrada** sarà costituito da n.10 rampe come di seguito denominate:

- **Immissione Nord:** si tratta di una rampa di tipo diretta che consentirà l'immissione dei veicoli sulla E45. L'asse si sviluppa per 459m prevedendo due rettilineo di inizio e fine tracciato collegati da una curva di raggio pari a 300m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -2.70%, mentre i raggi minimi sono pari a $R=4159.95m$ (concavo in raccordo all'asse principale) e $R=4000.00m$ (convesso);

- **Uscita Nord:** si tratta di una rampa di tipo diretta che consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale in progetto verso la SS75, tramite le due nuove rampe denominate “Rampa bidirezionale” e “Immissione SS75 Ovest”. L'asse si sviluppa per 262m prevedendo una curva iniziale di raccordo al nuovo asse principale di raggio pari a 911.25m seguita da un'altra curva circolare di raggio pari a 55m e un rettilineo finale.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -7.00%, mentre i raggi minimi sono pari a $R=1110.00m$ (concavo) e $R=550.00m$ (convesso);

- **Rampa Bidirezionale:** si tratta di una rampa di tipo diretta che consentirà la diversione dei veicoli dalla SS75 verso la E45, tramite la nuova rampa denominata “Immissione Nord”. Il tracciato ha uno sviluppo di 479m ed ha inizio con una curva circolare di raggio pari a 50m seguita da una sequenza di due rettilineo collegati da una curva circolare di raggio pari a 170m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 6.50%, mentre i raggi minimi sono pari a $R=800.00m$ (concavo) e $R=500.00m$ (convesso).

- **Immissione SS75 Ovest:** si tratta di una rampa di tipo diretta che consentirà l'immissione sull'SS75 dei veicoli in uscita dal nuovo asse principale attraverso la rampa “uscita Nord” e

dall'E45 attraverso la rampa "Uscita Sud-Est". L'asse si sviluppa per 295m prevedendo due curve circolari discordi di raggio 75m e 522.65m realizzando un flesso asimmetrico.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -8.00%, mentre i raggi minimi sono pari a R=7200.00m (concavo) e R=460.00m (convesso);

- **Uscita SS75 Ovest:** si tratta di una rampa di tipo diretta che consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale verso la E45, attraverso le due nuove rampe denominate "Rampa bidirezionale e "Immissione Nord". L'asse si sviluppa per 452m prevedendo una curva circolare iniziale di raggio 312.65 e due rettili raccordati da una curva circolare di raggio pari a 75.00m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -5.10%, mentre i raggi minimi sono pari a R=1500.00m (concavo) e R=1350.00m (convesso);

- **Uscita SS75 Est (rampa diretta):** si tratta di una rampa di tipo diretta che consentirà la diversione dei veicoli dalla SS75 verso la E45, attraverso le due nuove rampe denominate "Rampa bidirezionale" e "Immissione Nord". L'asse si sviluppa per 283m e risulta costituito da una continuità iniziale che collega i due primi elementi del tracciato rappresentati da due curve circolari concordi di raggio 435.10m e 90m; a quest'ultima curva segue un'altra curva circolare di raggio pari a 60.45m e verso opposto con la quale costituisce un flesso asimmetrico.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -6.50%, mentre i raggi minimi sono pari a R=270.00 (concavo in raccordo alla nuova "Rampa bidirezionale") e R=1200.00m (concavo);

- **Uscita Sud-Ovest (rampa diretta):** si tratta di una rampa di tipo diretta che consentirà la diversione dei veicoli dalla E45 verso la SS75. L'asse ha uno sviluppo di 956m ed ha inizio con un rettilo seguito da una due curve circolari discordi di raggio pari a 135m (destrorsa) e 150m (sinistrorsa) realizzando un flesso simmetrico, il tracciato continua con una sequenza di due rettili collegati da una curva circolare di raggio 95m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 2.66%, il tracciato si allaccia alla E45 tramite un raccordo verticale concavo di raggio R=5030m e alla SS75 tramite un raccordo verticale convesso di raggio R=3800, mentre il raggio minimo convesso è pari a R=2000.00m.

- **Cappio Est (rampa indiretta):** si tratta di una rampa di tipo indiretta che consentirà l'immissione sulla SS75 dei veicoli in uscita dal nuovo asse principale attraverso la rampa "uscita Nord" e dall'E45 attraverso la rampa "Uscita Sud-Est". L'asse ha uno sviluppo di 406m e risulta costituito da una curva circolare di raggio pari a 45 m e un rettilo che si sviluppa per circa 233m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -6.50%, mentre i raggi minimi sono pari a R=1100.00m (concavo) R=6030.00m (convesso);

- **Cappio Ovest (rampa indiretta):** si tratta di una rampa di tipo indiretta che consentirà la diversione dei veicoli provenienti dalla SS75 e dalla rampa denominata "Immissione SS75 Ovest" verso il nuovo asse principale. L'asse ha uno sviluppo di 639m ed ha inizio con una curva circolare

sinistrorsa di raggio pari a 522.65 di esiguo sviluppo seguita da una curva circolare destrorsa di raggio 48m con la quale realizza flesso asimmetrico ricadente all'interno della corsia specializzata di diversione, il tracciato continua con una sequenza di due rettili raccordati da una curva circolare di raggio pari a 45m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -4.00%, il tracciato si allaccia al nuovo asse principale tramite un raccordo verticale convesso di raggio $R=1200m$, mentre i raggi minimi sono pari a $R=1000.00m$ (concavo) e $R=1200m$ (convesso);

- **Uscita Sud-Est (rampa semidiretta):** si tratta di una rampa di tipo semidiretta che consentirà la diversione dei veicoli dalla E45 verso la SS75. L'asse si sviluppa per 555m prevedendo un rettilo iniziale seguito da una prima curva di ampio raggio $R= 5250m$ per poi proseguire con una curva di raggio pari a 150m e terminare con un rettilo.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 7.00%, il tracciato si allaccia alla nuova rampa Uscita Sud-Est con un raccordo verticale concavo di raggio $R= 4975.00m$, mentre i raggi minimi sono pari a $R=1550.00m$ (concavo) e $R=1500.00m$ (convesso).

Lo **svincolo di Madonna del Piano** nella "Configurazione di Progetto" sarà costituito da n.2 rampe, denominate:

- **Immissione Destra (rampa diretta):** si tratta di una rampa di tipo diretta che consentirà la diversione dei veicoli dalla E45 verso l'asse principale in progetto. L'asse si sviluppa per 853m prevedendo due rettili raccordati da una curva circolare di raggio 250m, dopodiché termina con una curva circolare in allaccio all'asse principale avente raggio pari a 911.250m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 4.50%, mentre i raggi minimi sono pari a $R=1500.00m$ (concavo) e $R=2000.00m$ (convesso);

- **Uscita semidiretta Sinistra,** si tratta di una rampa di tipo semidiretta che consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale verso la E45 (SS3bis). Il tracciato si sviluppa per 853m divergendo dall'asse principale secondo una sequenza di due curve circolari concordi (destrorse) di raggio 882.50m e 450m costituenti una continuità, dopodiché il tracciato prosegue secondo una sequenza di due rettili collegati da due flessi di cui il primo, di tipo simmetrico, si genera tra la curva destrorsa di raggio 110m e la curva sinistrorsa di raggio 95m, mentre il secondo, di tipo asimmetrico, si genera invece tra la precedente curva sinistrorsa ($R=95m$) e la curva circolare destrorsa di raggio 360m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -6.00%, il tracciato si allaccia al nuovo asse principale tramite un raccordo verticale concavo di raggio $R=10000.00m$, mentre i raggi minimi sono pari a $R=1000.00m$ (concavo) e $R=2000.00$ (convesso);

- **Complanare destra,** nella "Configurazione di Progetto" tale viabilità rappresenta il tratto di "raccordo" della rampa *Semidiretta destra* con l'asse principale destro in progetto; in particolare, il tratto di viabilità la cui realizzazione è prevista nella presente fase progettuale ha sviluppo di circa 351m e corrisponde al tratto finale del tracciato complessivo. Si evidenzia che, la viabilità in oggetto nella sua "Configurazione Futura" avrà uno sviluppo complessivo di 1173m e sarà composto da una sequenza di quattro rettili raccordati da tre curve circolari di raggio 450m e 510m, infine il tracciato termina con una curva circolare di raggio pari a 911.25m innestandosi sull'asse principale destro in progetto.

PROGETTAZIONE ATI:

Dal punto di vista altimetrico, sempre con riferimento alla sua “Configurazione Futura”, il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 3.51%, mentre i raggi minimi sono pari $R=4000.00m$ (concavo) $R=10000.00$ (convesso).

La progettazione degli elementi geometrici dell'asse principale e del nuovo svincolo di Madonna del Piano è stata eseguita nel rispetto delle vigenti “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” di cui al DM 5/11/2001 e “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali” di cui al DM 19/04/2006.

Per quanto concerne invece lo svincolo di Collestrada, si evidenzia che il D.M. 19.06.2006 non è cogente, in quanto si tratta di un intervento inserito nei programmi della legge n.443 del 21 Dicembre 2001 (Legge Obiettivo) il cui progetto definitivo è stato approvato prima dell'entrata in vigore del D.M. 19.06.2006; tuttavia in fase di progettazione si è tenuto conto, ove possibile, di quanto contenuto nel suddetto decreto.

La **Deviazione della SS75** e l'ampliamento della **E45** (SS3bis) nei tratti di collegamento ai due nuovi svincoli di progetto, rappresentano interventi di **adeguamento della viabilità esistente**, in quanto interessa tratti di strada molto ridotti e fortemente vincolati sia dalle infrastrutture esistenti che dalle nuove infrastrutture di progetto. In particolare:

- **Deviazione SS75:** il tracciato previsto ha uno sviluppo complessivo di 1418m e ricalca nei tratti di inizio e fine la geometria della viabilità ad oggi esistente, dunque il tratto in variante risulta compreso tra la prog. 0+150.00 e la prog. 1+187.59; nel suo complesso l'asse risulta costituito da una sequenza di quattro rettifili raccordati da tre curve circolari aventi raggio pari a 400m, 510m e 300m. Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 2.95%, i raggi minimi sono pari a $R=5000.00m$ (concavo) e $R=6000.00$ (convesso);
- **Asse E45 (Sv. Madonna del Piano):** il tracciato previsto nella “Configurazione di Progetto” (come anche in quella futura) ricalca la geometria della viabilità ad oggi esistente prevedendo essenzialmente degli ampliamenti delle carreggiate funzionali all'innesto delle nuove rampe. In particolare il tratto di E45 in adeguamento, oggetto della presente fase progettuale, ha uno sviluppo di 722m e corrisponde al tratto iniziale della suddetta viabilità. Si evidenzia che, la viabilità in oggetto nella sua “Configurazione Futura” avrà uno sviluppo complessivo di 1524m e sarà composto da una sequenza di tre rettifili raccordati da due curve circolari di ampio raggio pari rispettivamente a 3943.83m e 10250.
Dal punto di vista altimetrico, sempre con riferimento alla sua “Configurazione Futura”, il tracciato si compone di due livellette (valore massimo 0.33%) e un raccordo verticale concavo di raggio pari a $R= 30000m$.

Per quanto concerne la **E45** in prossimità del nuovo svicolo di Collestrada, l'intervento di adeguamento consisterà essenzialmente nell'ampliamento delle carreggiate nei punti di innesto delle nuove rampe previste in progetto, lasciando inalterata la geometria esistente.

Si evidenzia che, nel testo allegato alla norma D.M. 05/11/2001, al cap. 1 si riporta che “interventi su strade esistenti vanno eseguiti adeguando alle presenti norme (D.M. 05/11/2001), per quanto possibile, le caratteristiche geometriche delle stesse, in modo da soddisfare nella maniera migliore le esigenze della circolazione.”

Dunque, il progetto dell'intervento ha tenuto conto del D.M. 05/11/2001 nei termini previsti nel successivo D.M. 22/04/2004, e cioè che “le presenti norme (D.M. 05/11/2001) si applicano per la

costruzione di nuovi tronchi stradali e sono di riferimento per l'adeguamento delle strade esistenti, in attesa dell'emanazione per esse di una specifica normativa".

Come citato dal D.M 19/04/2006 art.2 "nel caso di interventi di adeguamento di intersezioni esistenti le norme allegate costituiscono il riferimento cui la progettazione deve tendere".

Ad oggi non sono state emanate ufficialmente normative cogenti per l'adeguamento delle strade esistenti, per cui il criterio seguito per il progetto degli interventi di adeguamento è stato quello di integrare, qualora risulti strettamente necessario, le prescrizioni del D.M. 05/11/2001 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.

Lungo il tracciato sono presenti le seguenti opere d'arte principali:

n.1 Galleria Naturale:

Asse Principale

- Galleria "Collestrada": – Canna Asse destro L = 2242m;
- Canna Asse sinistro L = 2212m.

n. 9 Viadotti:

Asse Principale

- Viadotto "Tevere": – Asse destro L = 660m;
- Asse sinistro L = 660m;

- Viadotto "Collestrada": – Asse destro L = 323.70m;
- Asse sinistro L = 340.40m.

Rampa Svincolo Madonna del Piano – "Configurazione di Progetto"

- Viadotto "Rampa semidiretta sinistra"

Rampe Svincolo Collestrada

- Viadotto "Uscita Sud-Ovest"
- Viadotto "Cappio Ovest"
- Viadotto "Immissione SS75 Ovest"
- Viadotto "Rampa Bidirezionale"
- Viadotto "Uscita SS75 Ovest"
- Cavalcavia su SS75

3.1.1. SISTEMAZIONE VIABILITÀ INTERFERITA

In questa fase si è operata la ricucitura del reticolo viario secondario interferito dalla realizzazione della nuova infrastruttura, in particolare si prevede il ripristino di cinque viabilità di seguito denominate **Deviazione 1, 2, 3, 4 e Deviazione Collestrada**.

Si precisa che tali viabilità sono da considerarsi come **adeguamento di viabilità esistente**, in quanto interessano strade parzialmente esistenti, hanno un'estensione molto ridotta e si inseriscono all'interno di un corridoio molto vincolato; per tali tipologie di interventi è cogente il D.M. 22/04/2004, mentre il D.M. 5/11/2001 rappresenta un riferimento di supporto alla progettazione.

3.1.2. SINTESI DELLE VERIFICHE STRADALI

In linea generale, le **verifiche planimetriche** di carattere dinamico eseguite sull'asse principale, sulle rampe e sulla deviazione della Strada Statale n.75 risultano sempre soddisfatte, ad eccezione della curva a raggio variabile di parametro A= 130m alla prog. 0+234.146 appartenete all'*Immissione SS75*

PROGETTAZIONE ATI:

Ovest dello Svicolo di Collestrada, per la quale non risulta soddisfatto il criterio ottico; tale clotoide rappresenta il collegamento alla curva di fine tracciato ($R=522.65m$, prog. iniziale 0+266.481) costituente il tronco di scambio sulla SS75; inoltre, lo sviluppo complessivo del tratto in questione (curva circolare+clotoide) è molto breve, pari a 105.50m e si prevede che, trattandosi di un tronco di scambio, l'utente stradale tenda ad adottare una velocità di marcia ridotta che gli consenta di percepire correttamente la presenza di un elemento curvo.

Per le rampe, invece, in alcuni casi non risulta soddisfatta la verifica del raggio minimo delle curve circolari basata sulla lunghezza del rettilineo (D.M. 05.11.2001: $R > L_r$ per $L_r < 300m$; $R \geq 400m$ per $L_r \geq 300m$), nonché lo sviluppo minimo per i rettilinei e le curve circolari di inizio e/o fine tracciato; tuttavia in quest'ultimo caso le verifiche non sono significative, in quanto si tratta di rettilinei di sviluppo ridotto perché troncati in prossimità dell'intersezione con altri tracciati e curve circolari in approccio alla viabilità principale (tronco di scambio, corsie di immissione e di uscita).

Le **verifiche altimetriche** condotte sull'asse principale, sulle rampe e sulla Strada Statale n.75 risultano sempre soddisfatte, in ottemperanza di quanto prescritto dal D.M. 05.11.2001.

Si sottolinea che gli esiti delle verifiche planimetriche ed altimetriche vanno analizzate tenendo conto di che la composizione plano-altimetrica e l'ingombro delle rampe costituenti i due nuovi svincoli è fortemente influenzata dalla presenza di numerosi vincoli al contorno, quali la presenza della linea ferroviaria, la necessità di innesto alle esistenti viabilità SS75 e E45 (SS3bis), nonché l'esigenza di ottenere degli svincoli compatti, riducendo quanto più possibile l'occupazione di aree private.

Nei tratti di tracciato ove le verifiche planimetriche degli elementi non risultano soddisfatte si prevede un rafforzamento della segnaletica stradale quale misura integrativa di sicurezza.

Per maggiori dettagli relativi alle verifiche plano-altimetriche dei tracciati in progetto si rimanda alla *Relazione Tecnica stradale*.

3.1.3. SEZIONI TIPO

L'infrastruttura è stata progettata in conformità alle vigenti "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", D.M. 5 Novembre 2001, con riferimento alla sezione tipo B "strade extraurbane principali" per quanto riguarda l'asse *principale* e con riferimento alle indicazioni contenute nel "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", D.M. 19 Aprile 2006, per quanto riguarda le *rampe* dello *svincolo di Madonna del Piano*. Per lo *svincolo di Collestrada*, come anticipato, il D.M. 19 Aprile 2006 non è cogente, in quanto l'intervento in questione risulta inserito nei programmi della legge n.443 del 21 Dicembre 2001 (Legge Obiettivo) il cui progetto definitivo è stato approvato prima dell'entrata in vigore del D.M. 19.06.2006; tuttavia in fase di progettazione si è tenuto conto, ove possibile, di quanto contenuto nel suddetto decreto.

Gli interventi di ampliamento della piattaforma stradale che interesseranno la Strada Statale 75 e la Strada Statale 3 bis (E45) nei tratti di collegamento ai due nuovi svincoli in progetto, sono invece da considerarsi come un adeguamento della viabilità esistente, in quanto interessa un tratto di strada molto ridotto e risultano fortemente vincolati sia dalle infrastrutture esistenti che dalle nuove infrastrutture di progetto.

Nel testo allegato alla norma D.M. 05/11/2001, al cap. 1 si evidenzia che "interventi su strade esistenti vanno eseguiti adeguando alle presenti norme (D.M. 05/11/2001), per quanto possibile, le caratteristiche geometriche delle stesse, in modo da soddisfare nella maniera migliore le esigenze della circolazione."

PROGETTAZIONE ATI:

Il progetto dell'intervento ha tenuto conto del D.M. 05/11/2001 nei termini previsti nel successivo D.M. 22/04/2004, e cioè che "le presenti norme (D.M. 05/11/2001) si applicano per la costruzione di nuovi tronchi stradali e sono di riferimento per l'adeguamento delle strade esistenti, in attesa dell'emanazione per esse di una specifica normativa".

Come citato dal D.M 19/04/2006 art.2 "nel caso di interventi di adeguamento di intersezioni esistenti le norme allegate costituiscono il riferimento cui la progettazione deve tendere".

Poiché ad oggi non sono state emanate ufficialmente normative cogenti per l'adeguamento delle strade esistenti, il criterio seguito per il progetto degli interventi di adeguamento è stato quello di integrare, qualora risulti strettamente necessario, le prescrizioni del D.M. 05/11/2001 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.

• **Asse principale:**

La sezione stradale dell'asse principale si compone di doppia carreggiata separata da spartitraffico di larghezza minima pari a 6,20 m; ogni carreggiata comprende due corsie da 3,75 m, banchina laterale interna minima da 0,50 m ed esterna minima da 1,75 m, per una larghezza complessiva minima della singola carreggiata pari a 9,75 m. Nei tratti in sede naturale gli elementi marginali sono costituiti, in rilevato, da un arginello da 2,00 m e in trincea da una cunetta alla francese da 1m.

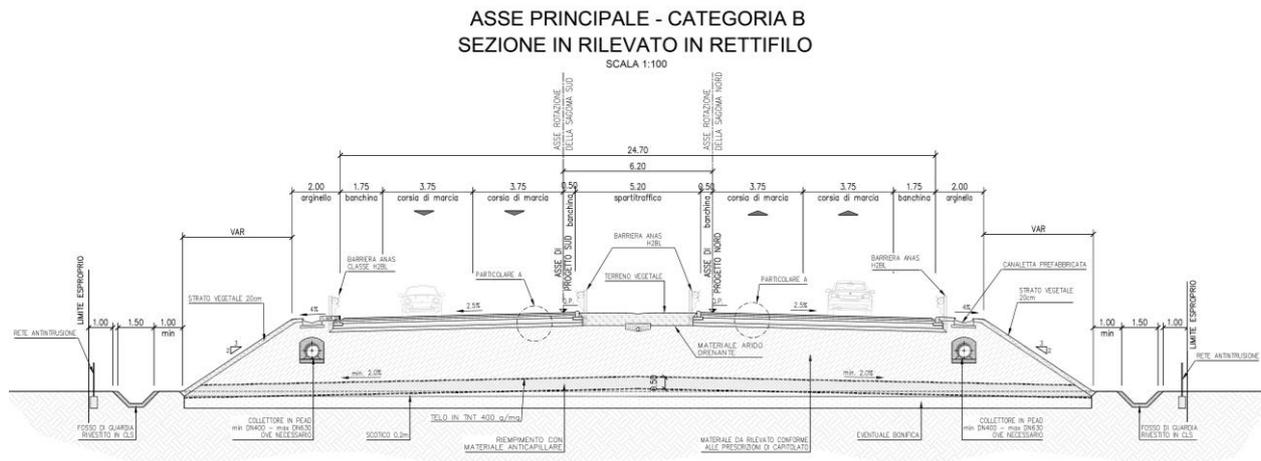


Figura 23 – Sezione tipo in rilevato dell'asse principale

In rettilineo la sezione stradale è sagomata a doppia falda, con pendenza trasversale del 2.5% per lo smaltimento delle acque meteoriche. In curva la pendenza trasversale, dipendente dalla velocità di progetto, è stata ricavata utilizzando l'abaco di normativa. Il passaggio graduale da una pendenza ad un'altra avviene lungo le curve di raccordo.

Per le scarpate dei rilevati e in scavo è prevista una pendenza 2/3, con eventuale banca intermedia dopo 5 m di altezza dall'arginello, in caso di altezze superiori a 6 m.

ASSE PRINCIPALE - CATEGORIA B
SEZIONE IN RILEVATO IN CURVA

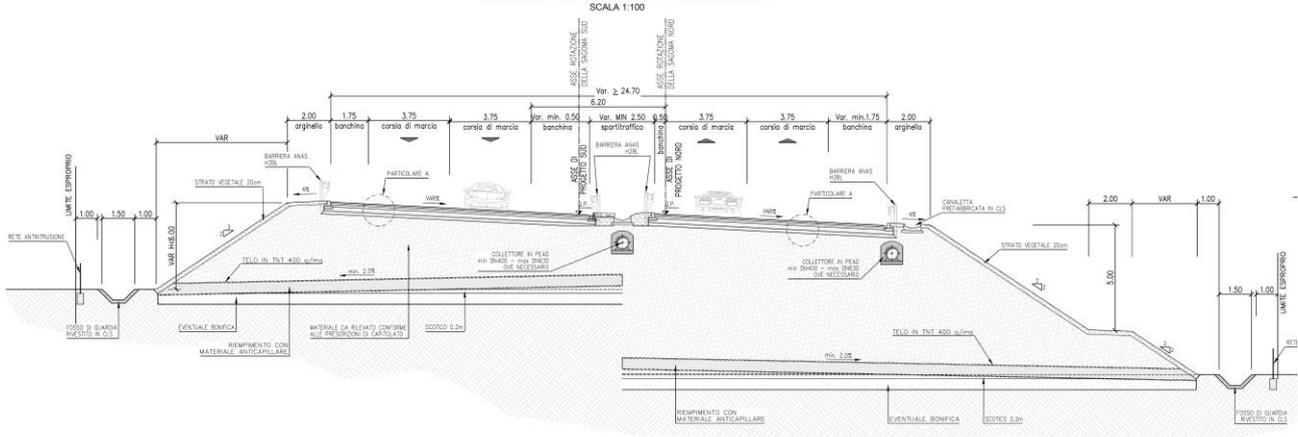


Figura 24 - Sezione tipo in rilevato dell'asse principale con banche intermedie laterali

ASSE PRINCIPALE - CATEGORIA B
SEZIONE IN SCAVO IN RETTIFILLO
CON ALLARGAMENTO SPARTITRAFFICO IN APPROCCIO ALLA GALLERIA

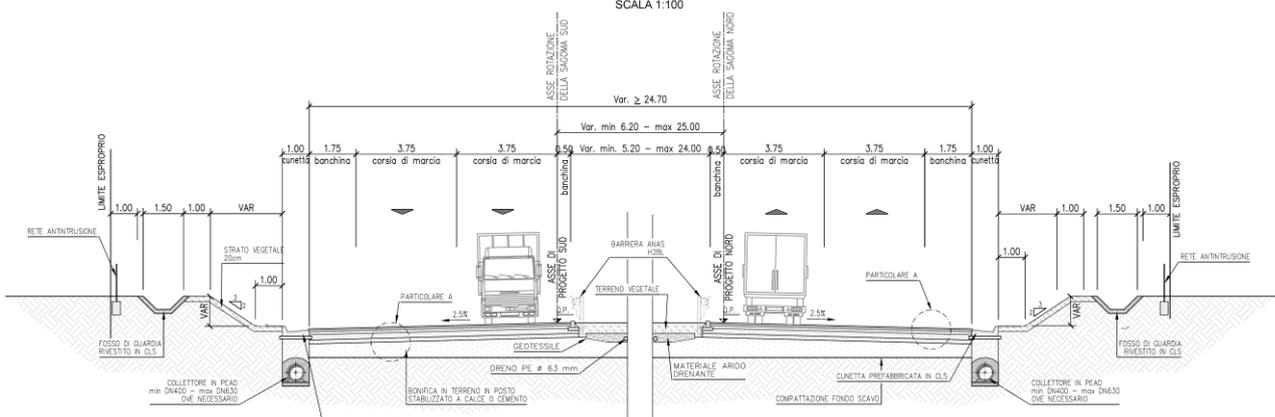


Figura 25 - Sezione tipo in trincea dell'asse principale

• **Rampe:**

Il progetto prevede la realizzazione di rampe monodirezionali ad una e due corsie e rampe bidirezionali a più corsie per senso di marcia, afferenti allo Svincolo di Collestrada, di seguito denominate “*Rampa a 2+1 corsie*” e “*Rampa a 3+2 corsie*”

Per le **rampe monodirezionali a singola corsia** si prevede una sezione tipo composta da una corsia di larghezza pari a 4,00 m e banchine laterali di larghezza pari a 1,00 m ciascuna, sagomata a falda unica con una pendenza in rettilineo del 2.5% per agevolare lo scorrimento delle acque meteoriche.

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza pari a 2,00 m, delimitati da un cordolo in conglomerato cementizio. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale per uno spessore di 20 cm, ha una pendenza del 2/3.

PROGETTAZIONE ATI:

RAMPA MONODIREZIONALE SINGOLA CORSIA IN RILEVATO

SCALA 1:100

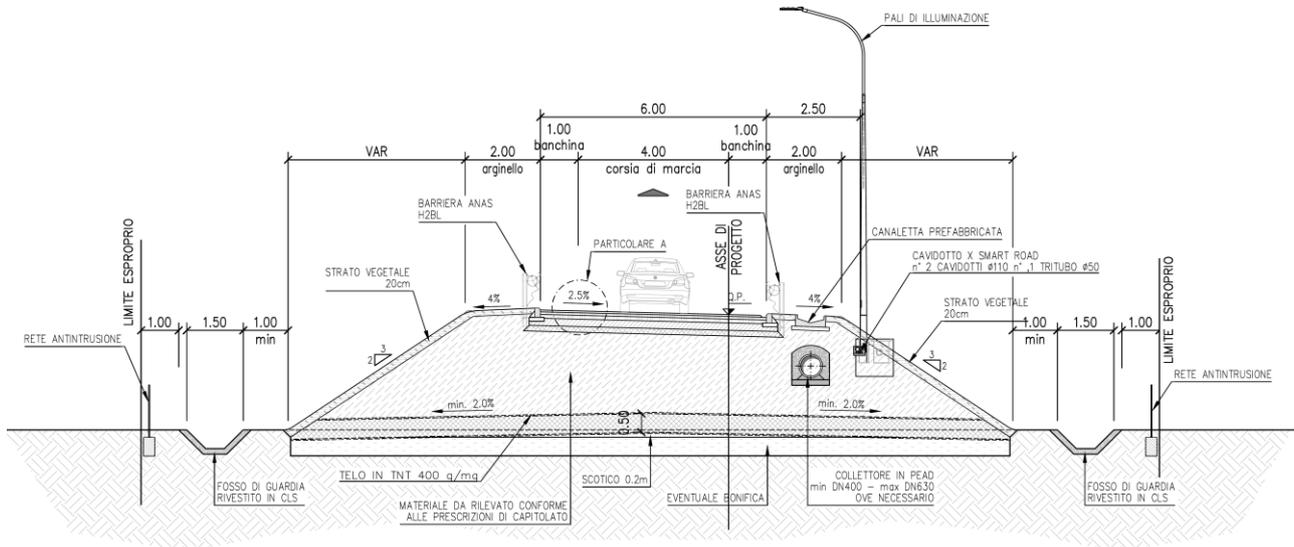


Figura 26 – Sezione tipo rampa monodirezionale a singola corsia

Per le **rampe monodirezionali a doppia corsia** si prevede una sezione tipo composta da due corsie di larghezza pari a 3,75 m e banchine laterali di larghezza pari a 1,00 m ciascuna, sagomata a falda unica con una pendenza in rettilineo del 2,5% per agevolare lo scorrimento delle acque meteoriche.

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza pari a 2,00 m, delimitati da un cordolo in conglomerato cementizio. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale per uno spessore di 20 cm, ha una pendenza del 2/3.

RAMPA MONODIREZIONALE A DUE CORSIE IN RILEVATO IN CURVA

SCALA 1:100

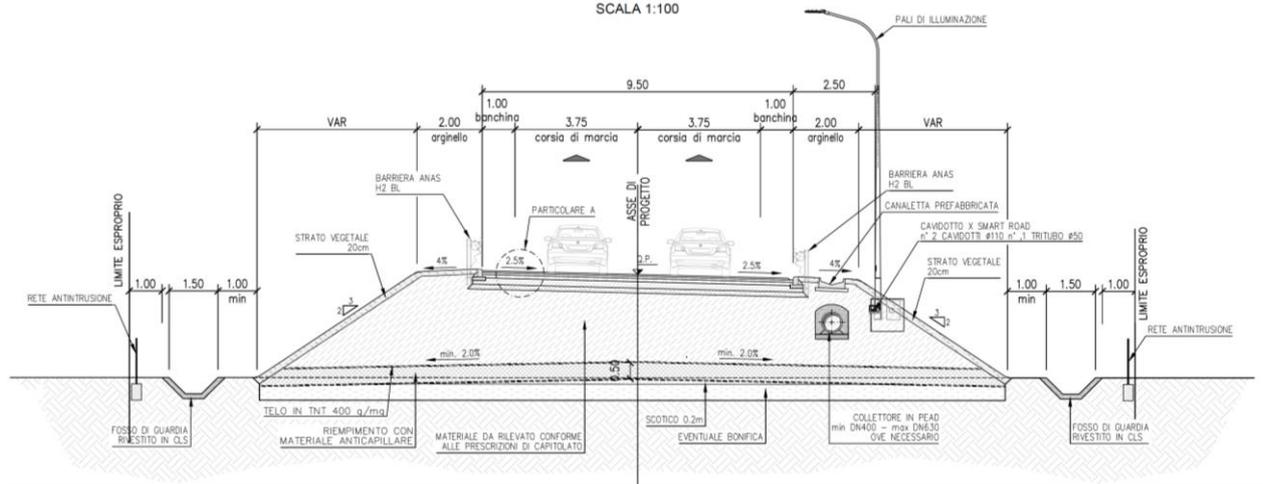


Figura 27 – Sezione tipo rampa monodirezionale a doppia corsia

Per le **rampe bidirezionali** si prevedono due configurazioni:

“Rampa a 2+1 corsie”, caratterizzata da una sezione tipo ad unica carreggiata composta da due corsie in direzione Nord di larghezza pari a 3,75 m ciascuna e una corsia in direzione Sud di

PROGETTAZIONE ATI:

larghezza pari a 3,75 m, banchine laterali di larghezza minima pari ad 1,00 m, separate tramite barriera spartitraffico di tipo new jersey; la sezione è sagomata a falda unica con una pendenza in rettilineo del 2,5% per agevolare lo scorrimento delle acque meteoriche.

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza pari a 2,00 m, delimitati da un cordolo in conglomerato cementizio. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale per uno spessore di 20 cm, ha una pendenza del 2/3.

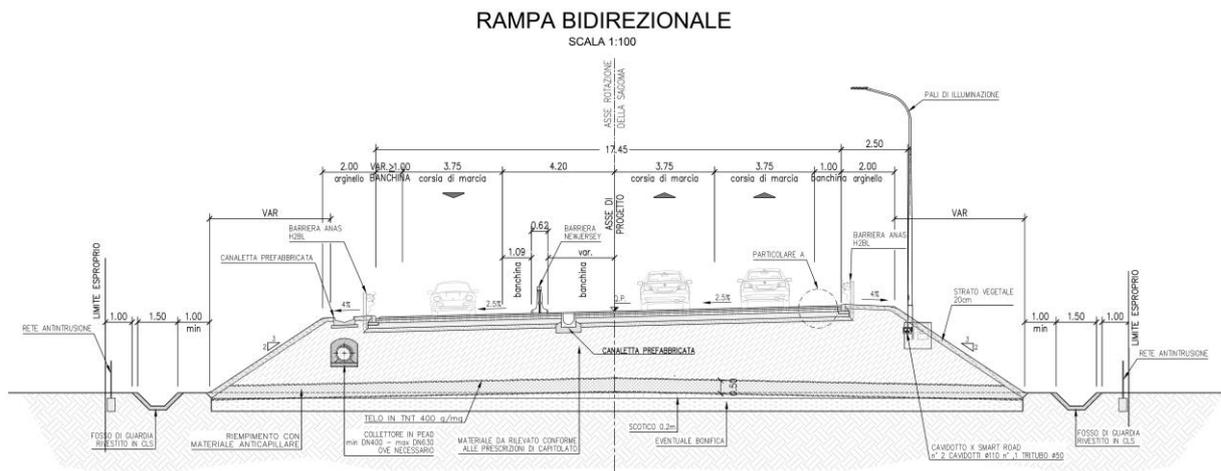


Figura 28 - Sezione tipo rampa bidirezionale a tre corsie ("Rampa a 2+1 corsie")

"Rampa a 3+2 corsie", caratterizzata da una sezione tipo ad unica carreggiata composta da TRE corsie in direzione Nord di larghezza pari a 3,75 m ciascuna e due corsie in direzione Sud di larghezza pari a 3,75 m, banchine laterali di larghezza minima pari ad 1,00 m, separate tramite barriera spartitraffico di tipo new jersey; la sezione è sagomata a falda unica con una pendenza in rettilineo del 2,5% per agevolare lo scorrimento delle acque meteoriche.

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza pari a 2,00 m, delimitati da un cordolo in conglomerato cementizio. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale per uno spessore di 20 cm, ha una pendenza del 2/3.

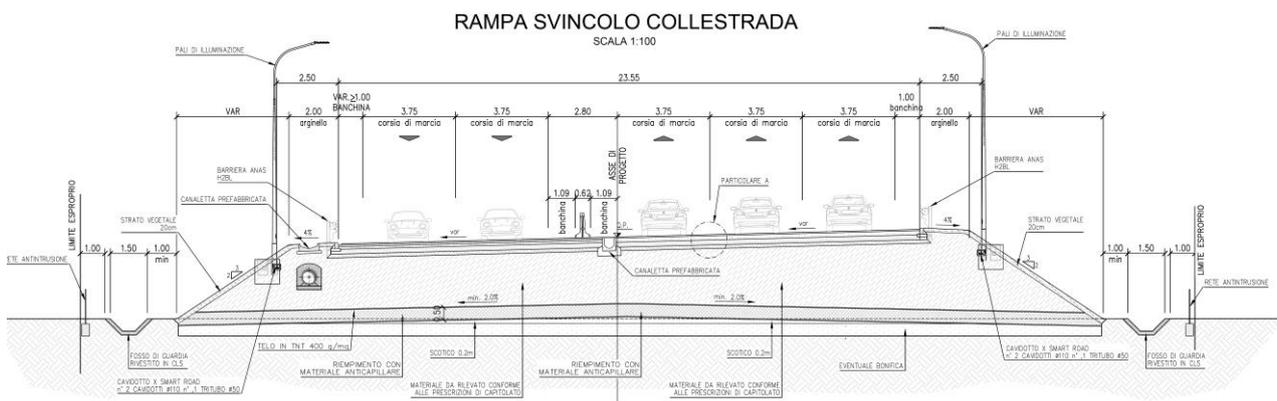


Figura 29 - Sezione tipo rampa bidirezionale a cinque corsie ("Rampa a 3+2 corsie")

● **Viabilità in adeguamento**

Il progetto prevede l'ampliamento in sede delle esistenti Strada Statale n.75 e Strada Statale n.3bis (E45) per la realizzazione delle corsie specializzate (corsie di immissione, corsie di uscita e tronchi di scambio) dei due nuovi svincoli.

PROGETTAZIONE ATI:

L'ampliamento dei rilevati esistenti sarà realizzato tramite la sagomatura a gradoni orizzontali del terreno del corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, adottando le necessarie cautele volte a garantirne la stabilità.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente; ogni gradone (di altezza massima 50 cm) seguirà la stesa del corrispondente nuovo strato di analoga altezza ed il suo costipamento, mantenendo nel contempo l'eventuale viabilità sul rilevato esistente.

Per l'adeguamento dell'esistente S.S. 75, funzionale alla realizzazione del nuovo Svincolo di Collestrada, si prevede l'adozione di una sezione tipo di strada di categoria B - "strada extraurbana principale", ovvero composta da doppia carreggiata separata da spartitraffico di larghezza pari a 2,80 m; ogni carreggiata comprende due corsie da 3,75 m, banchina laterale interna da 1,09 m ed esterna da 1,75 m, per una larghezza complessiva della singola carreggiata pari a 8,60 m. Le corsie specializzate di uscita e di immissione, nonché i trochi di scambio, avranno larghezza pari a 3,75 m.

Nei tratti in sede naturale gli elementi marginali sono costituiti, in rilevato, da un arginello da 2,00 m.

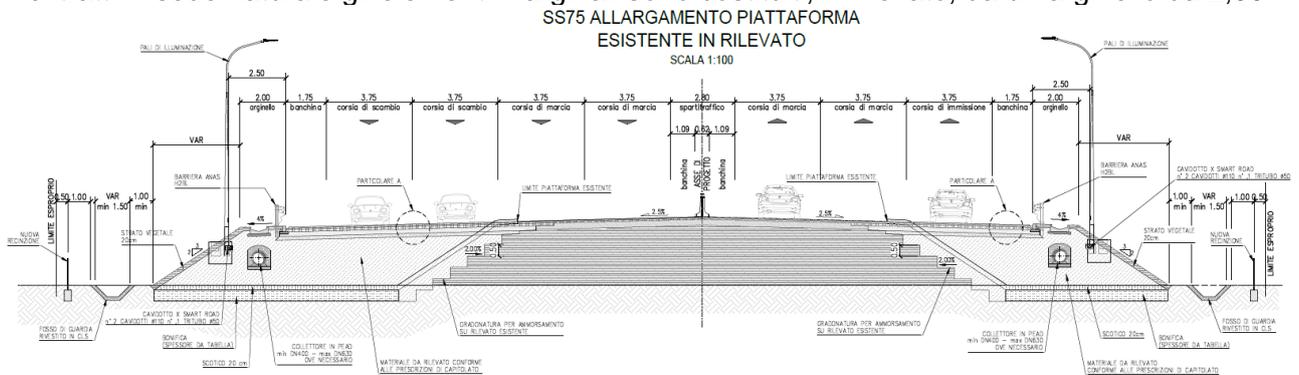


Figura 30 - Sezione tipo ampliamento SS75

L'adeguamento della SS3bis (E45), funzionale alla realizzazione del nuovo Svincolo di Madonna del Piano nella configurazione prevista dallo Scenario 2, consisterà nell'ampliamento del rilevato esistente per la realizzazione della corsia di immissione sulla SS3bis della rampa denominata *Uscita semi sx* e della corsia di uscita dalla SS3bis della rampa denominata *Immissione dx*. Le corsie specializzate di uscita e di immissione avranno larghezza pari a 3,75 m.

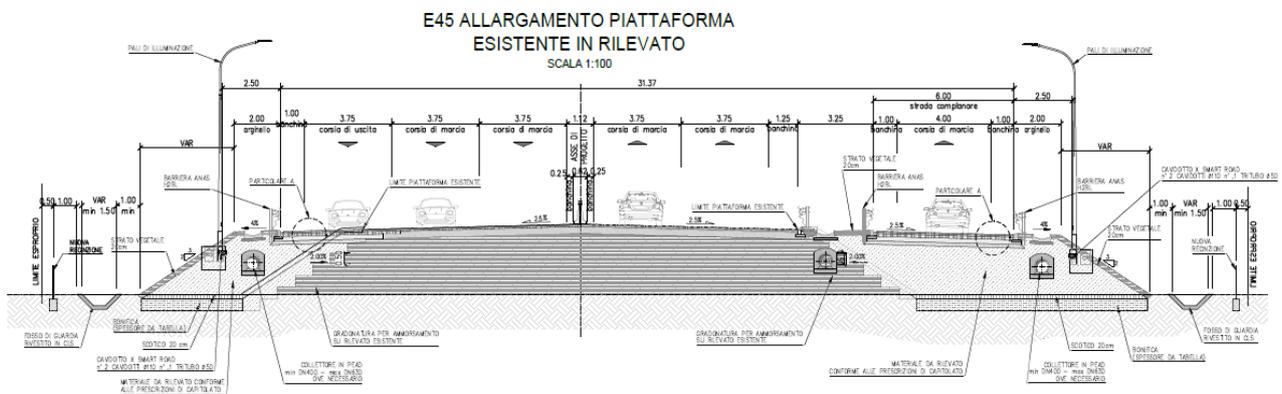


Figura 31 - Sezione tipo ampliamento SS3bis (E45)

PROGETTAZIONE ATI:

• **Viabilità interferita**

In questa fase si è operata la ricucitura del reticolo viario secondario interferito dalla realizzazione della nuova infrastruttura, in particolare si prevede il ripristino di cinque viabilità di seguito denominate **Deviazione 1, 2, 3, 4 e Deviazione Collestrada**.

Si precisa che tali viabilità sono da considerarsi come **adeguamento di viabilità esistente**, in quanto interessano strade parzialmente esistenti, hanno un'estensione molto ridotta e si inseriscono all'interno di un corridoio molto vincolato; per tali tipologie di interventi è cogente il D.M. 22/04/2004, mentre il D.M. 5/11/2001 rappresenta un riferimento di supporto alla progettazione.

Per il ripristino delle viabilità secondarie interferite si prevede:

Deviazione 1 e 4, Deviazione Collestrada: unica carreggiata da 8,50 m, composta da due corsie da 3,25 affiancate da banchine da 1,00 m, assimilabile ad una strada di tipo F2 locale, ambito extraurbano, con elementi marginali costituiti da arginello da 1,50 m in rilevato o da cunetta alla francese da 1,00 m in scavo.

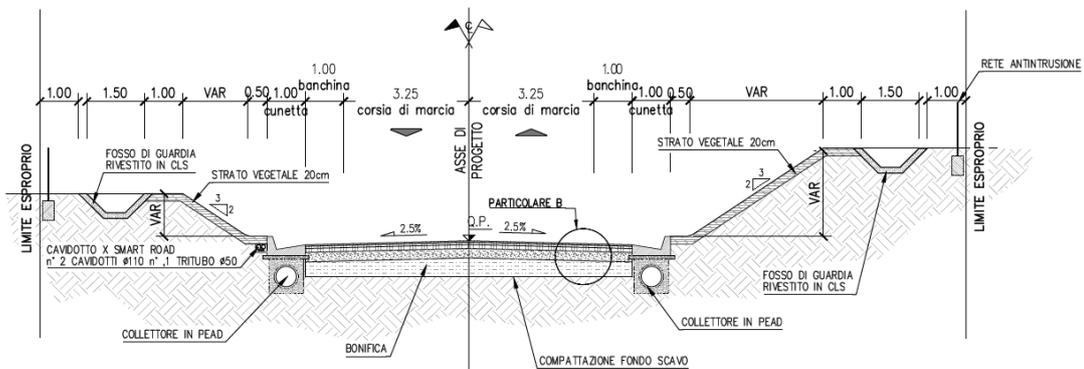


Figura 32 - Sezione tipo deviazioni 1 e 4 in scavo

Per la **Deviazione di Collestrada** è stata aggiunta in destra una pista ciclopeditonale di larghezza pari a 2,50 protetta da una barriera di tipo newjersey.

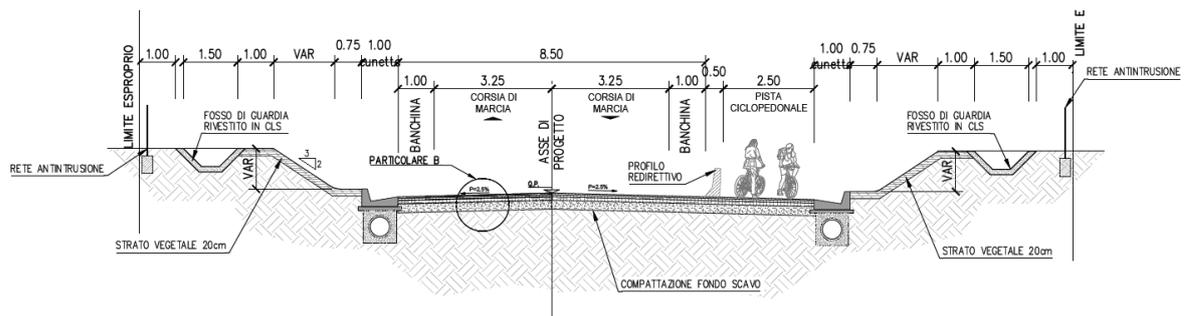


Figura 33 - Sezione tipo deviazione Collestrada in scavo

Per il riarrangiamento della deviazione della viabilità di Collestrada si prevede inoltre la realizzazione di una rotonda avente diametro esterno pari a 30,00 m e composta da 3 rami di convergenza bidirezionali.

Per il dimensionamento delle pavimentazioni si è fatto riferimento al *metodo AASHTO* proposto nel 1993 nel documento *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures* e facendo altresì riferimento al *Catalogo delle Pavimentazioni stradali* redatto dal CNR lo stesso anno.

3.1.5. BARRIERE DI SICUREZZA E SEGNALETICA

Barriere di Sicurezza stradali

Le barriere di sicurezza stradali da introdurre lungo la viabilità in progetto sono state individuate sulla base di quanto previsto dal DM 18 feb 1992, n.223 e s.m.i. e, in particolare, con quanto contenuto nell'ultimo aggiornamento del 21 giugno 2004.

Il posizionamento dei dispositivi di ritenuta tiene conto delle caratteristiche geometriche della sede stradale, della loro compatibilità con gli spazi disponibili e dei vincoli esistenti.

In particolare, le barriere sono state previste nei seguenti casi:

- Sui margini di tutte le opere d'arte all'aperto, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale;
- Sul margine laterale stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1.00 m;
- In corrispondenza di ostacoli fissi frontali o laterali.

Si evidenzia che la scelta delle barriere di sicurezza deve essere comunque eseguita considerando soltanto i dispositivi che risultano essere stati sottoposti a prove di crash-test secondo le norme UNI EN 1317.

Le tipologie di barriere di sicurezza sono state definite in conformità ai parametri indicati nella normativa nazionale, ovvero il *Tipo di traffico* (funzione del TGM e della % di veicoli di massa > 3.5 ton), *Tipo di strada* e *Destinazione della barriera*:

Tipo traffico	TGM	% Veicoli con massa>3,5t
I	≤1000	Qualsiasi
I	>1000	≤5
II	>1000	5<n≤15
III	>1000	>15

Tipo di strade	Traffico	Destinazione barriere			
		barriere spartitraffico a ⁽¹⁾	barriere bordo laterale b	barriere bordo ponte c ⁽²⁾	attenuatori d
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2	TC1 o TC2 secondo velocità ≤ oppure > di 80 Km/h (art. 6)
	II	H3	H2	H3	
	III	H3-H4 (3)	H2-H3(3)	H4	
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2	
	II	H2	H1	H2	
	III	H2	H2	H3	
Strade urbane di quartiere (E) e Strade locali (F)	I	N2	N1	H2	
	II	H1	N2	H2	
	III	H1	H1	H2	

Il traffico di riferimento (TGM) come precedentemente indicato è maggiore di 1000 con una percentuale di veicoli pesanti pari al 14.79%, pertanto, ai sensi dell'art.6 del citato DM, il traffico di progetto rientra nella categoria "tipo II".

Per una strada extraurbana principale a questo tipo di traffico corrisponde l'impiego delle seguenti classi minime di Livello di Contenimento distinte in funzione della destinazione delle stesse: barriera spartitraffico H3, barriera bordo laterale H2 e barriera bordo ponte H3.

Invece, per le strade secondarie interferite, assimilate a strade di tipo F locali, ambito urbano, in via cautelativa si è scelto di fare riferimento ad un traffico di "tipo II" a cui corrisponde l'impiego delle seguenti classi minime di Livello di Contenimento distinte in funzione della destinazione delle stesse: barriera bordo laterale N2 e barriera bordo ponte H2.

Secondo quanto sopra esposto si ritiene corretto e ammissibile prevedere l'installazione dei dispositivi di ritenuta di seguito descritti.

Asse principale:

- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale Tipo ANAS con livello di contenimento H2 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) per il margine laterale;
- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale Tipo ANAS con livello di contenimento H3 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) per lo spartitraffico;
- Barriera di sicurezza metallica bordo ponte Tipo ANAS con livello di contenimento H3 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) a protezione delle opere d'arte presenti;
- Barriera di sicurezza metallica bordo ponte Tipo ANAS con livello di contenimento H3 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) con rete antilancio integrata da installare lungo parte del viadotto che scavalca il fiume Tevere, lungo il viadotto che scavalca la SS75 e, infine a protezione delle viabilità secondarie interferite che sottopassano l'asse principale (Deviazione 1, 2 e 4);
- Profilo redirettivo in cls di tipo new Jersey all'interno ed in approccio alle gallerie.

Inoltre, verranno impiegate barriere amovibili in corrispondenza della cabina impianti posta in prossimità dell'imbocco della canna in direzione Nord della nuova galleria in progetto, al fine di garantirne l'accessibilità da parte del personale autorizzato, nonché un'adeguata protezione.

Rampe dei due nuovi svincoli:

- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale tipo ANAS con livello di contenimento H2 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$);
- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale Tipo ANAS H3BL V2 con larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) e classe di intrusione del veicolo VI5 ($VI \leq 1.5$), lungo i tratti in adiacenza alle pile del nuovo Viadotto Collestrada;
- Barriera di sicurezza metallica bordo ponte tipo ANAS con livello di contenimento H3 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) a protezione delle opere d'arte presenti.
- Barriera di sicurezza metallica bordo ponte tipo ANAS con livello di contenimento H3 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) con rete antilancio integrata sia lungo le rampe dello Sv. di Collestrada che scavalcano la SS75 e la linea ferroviarie, che lungo il viadotto dell'"Uscita semi sx" dello Sv. di Madonna del Piano;

PROGETTAZIONE ATI:

- Profilo redirettivo spartitraffico in cls di tipo new Jersey lungo la rampa bidirezionale dello svincolo di Collestrada;
- Profilo redirettivo in cls di tipo new Jersey all'interno del sottopasso lungo la rampa denominata "Uscita Sud-Est".

Deviazione SS75:

- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale Tipo ANAS con livello di contenimento H2 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$);
- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale Tipo ANAS H3BL V2 con larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) e classe di intrusione del veicolo VI5 ($VI \leq 1.5$), lungo i tratti in adiacenza alle pile del nuovo Viadotto Collestrada;
- Profilo redirettivo spartitraffico in cls di tipo new Jersey;
- Barriera di sicurezza metallica bordo ponte tipo ANAS con livello di contenimento H3 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) con rete antilancio integrata a protezione del sottovia.

Viabilità secondarie interferite:

Deviazione 1, 2, 3, e 4

- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale tipo commerciale con livello di contenimento H1;
- Barriera bordo ponte tipo commerciale con livello di contenimento H2.

Inoltre, per la *Deviazione 4* si prevede l'installazione di rete antilancio al piede del rilevato a protezione del tratto stradale che sovrappassa la viabilità principale in prossimità degli imbocchi della galleria.

Deviazione Collestrada:

- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale Tipo ANAS con livello di contenimento H2 e larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$);
- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale Tipo ANAS H3BL V2 con larghezza operativa W5 ($WN \leq 1.7$) e classe di intrusione del veicolo VI5 ($VI \leq 1.7$), lungo i tratti in adiacenza alle pile del nuovo Viadotto Collestrada;
- Profilo redirettivo in cls di tipo new Jersey.

Inoltre, lungo il lato del camminamento pedonale prospiciente gli imbocchi della galleria si prevede l'installazione di rete antilancio.

Nei punti di inizio e fine barriera è stato previsto l'utilizzo di idonei dispositivi terminali semplici; nel passaggio tra barriere bordo ponte e bordo rilevato si prevede di garantirne la continuità strutturale tramite una transizione appositamente progettata di sviluppo almeno pari a 12.5 volte la differenza tra le deformazioni dinamiche delle due barriere accoppiate tenendo debitamente in conto dei moduli minimi di costruzione.

In ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente, nel caso in cui la lunghezza della barriera bordo ponte installata è inferiore a quella effettivamente testata occorrerà raggiungere l'estensione minima attraverso l'installazione di un tratto di dispositivo diverso, ma di pari classe.

Infine, si prevede l'installazione di appositi **attenuatori d'urto** nei punti di cambio di direzione o di uscita, ovvero in presenza di "cuspidi" intese come divergenza tra due rami percorsi nello stesso verso.

Segnaletica stradale

Il progetto della segnaletica stradale ha per oggetto la definizione e il posizionamento di tutti gli elementi orizzontali (strisce di delimitazione della carreggiata, delle corsie, ecc.) o verticali (cartelli di pericolo e prescrizione, pannelli laterali o a portale di indicazione) di ausilio agli utenti stradali per una corretta e sicura fruizione del tratto autostradale.

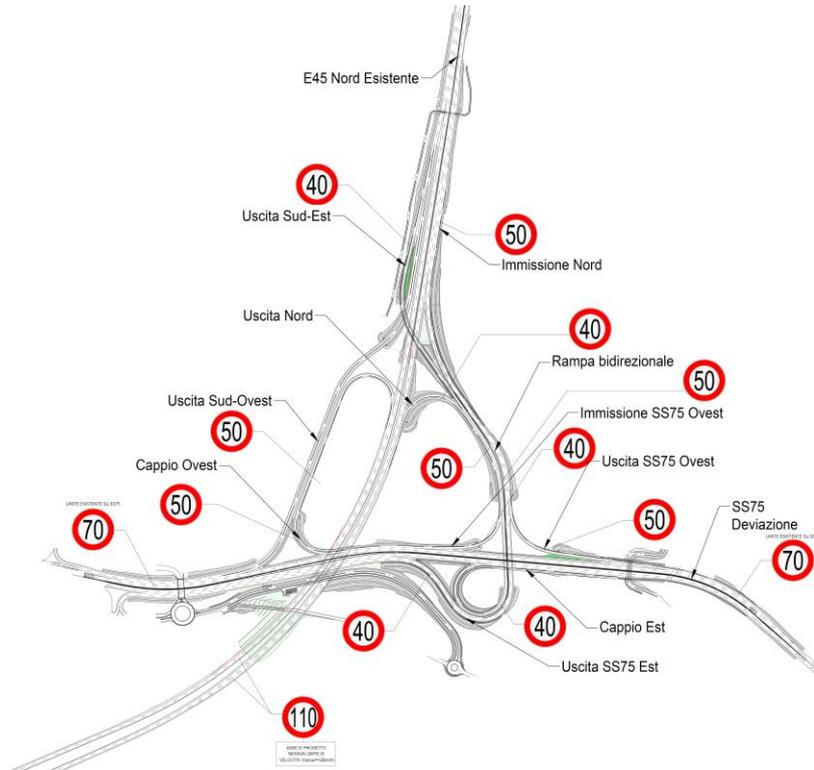
La progettazione della segnaletica è stata redatta in conformità alle normative vigenti di seguito elencate:

- Nuovo Codice della Strada di cui al D.lgs. n. 285 del 30 aprile 1992 e successivi aggiornamenti ed integrazioni;
- Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada di cui al D.P.R. n. 495 del 16 dicembre 1992;
- Direttiva n. 1156 del 28 febbraio 1997 "Caratteristiche della segnaletica da utilizzare per la numerazione dei cavalcavia sulle autostrade e sulle strade statali di rilevanza internazionale".

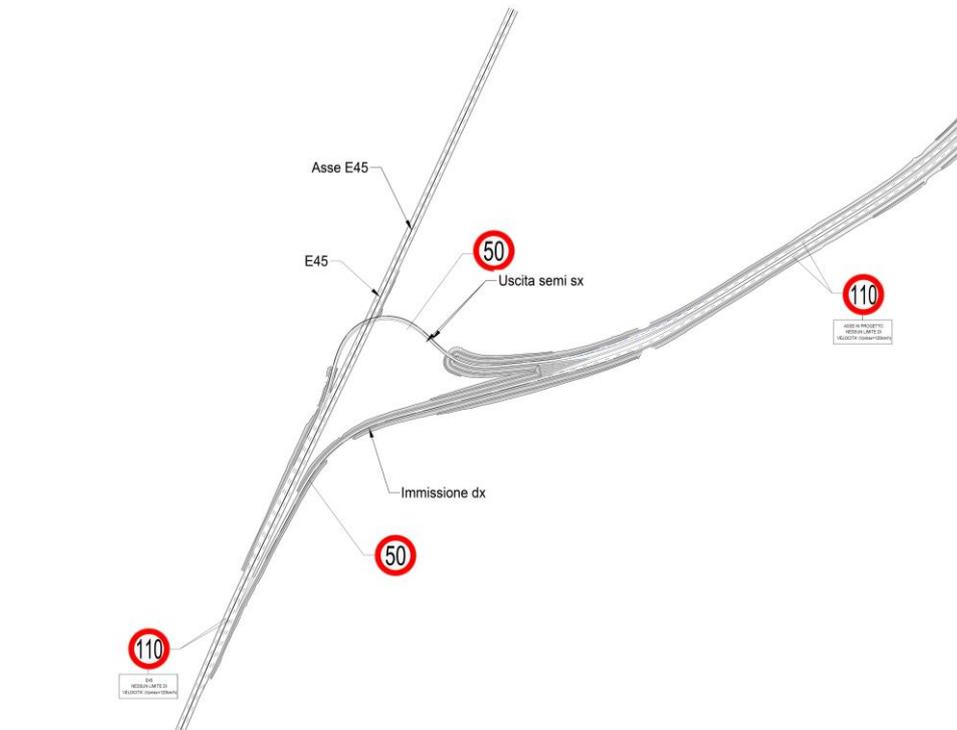
La **segnaletica orizzontale** costituita da strisce rifrangenti longitudinali o trasversali rette o curve, semplici o affiancate, continue o discontinue, così come riportato nelle tavole di progetto, sarà eseguita con termospruzzato plastico premiscelato con perline di vetro e avranno caratteristiche fotometriche, colorimetriche e di resistenza al derapaggio conformi alle prescrizioni generali previste dalla norma UNI EN 1436/98 e a quanto riportato nelle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto.

La **segnaletica verticale** prevede segnali di precedenza, pericolo, divieto e obbligo conformi alla Normativa di riferimento e comunque con criteri che, in relazione alla condizione locale, garantiscano la chiarezza di percettibilità e inducano l'utenza ad un comportamento consono all'ambiente stradale.

Al fine di mantenere adeguati livelli di sicurezza lungo i nuovi svincoli è prevista l'introduzione di limiti di velocità definiti in funzione dei diagrammi di velocità di progetto e degli esiti delle verifiche plano-altimetriche effettuate sugli elementi di ogni singolo tracciato in progetto. Si riporta di seguito uno schema grafico esplicativo dei limiti previsti.



Sv. di Madonna del Piano – “Configurazione di Progetto” - Limiti di Velocità



Sv. di Madonna del Piano – “Configurazione di Progetto” - Limiti di Velocità

PROGETTAZIONE ATI:

È previsto l'impiego di segnali in alluminio, conforme alla Direttiva Ministeriale 4867/RU del 05/08/2013, con pellicola di classe RA2 di diametro/lato pari a 60 cm per la viabilità secondaria e 90 cm per la viabilità principale la cui tipologia, numero e ubicazione è indicata nelle tavole di progetto.

La pellicola dovrà inoltre essere marcata CE: i) se con tecnologia a microsferi, ai sensi della UNI EN 12899-1; ii) se con tecnologia a microprismi, ai sensi della UNI 11480 da parte degli Organismi europei preposti, di opportuni Benestare Tecnici Europei o Valutazioni Tecniche Europee (ETA) di pertinenza, che ne definiscono le prestazioni.

Il segnale dovrà avere classe prestazionale minima per la spinta del vento pari a WL7 e il pannello dovrà essere marcato CE ai sensi della UNI EN 12899-1.

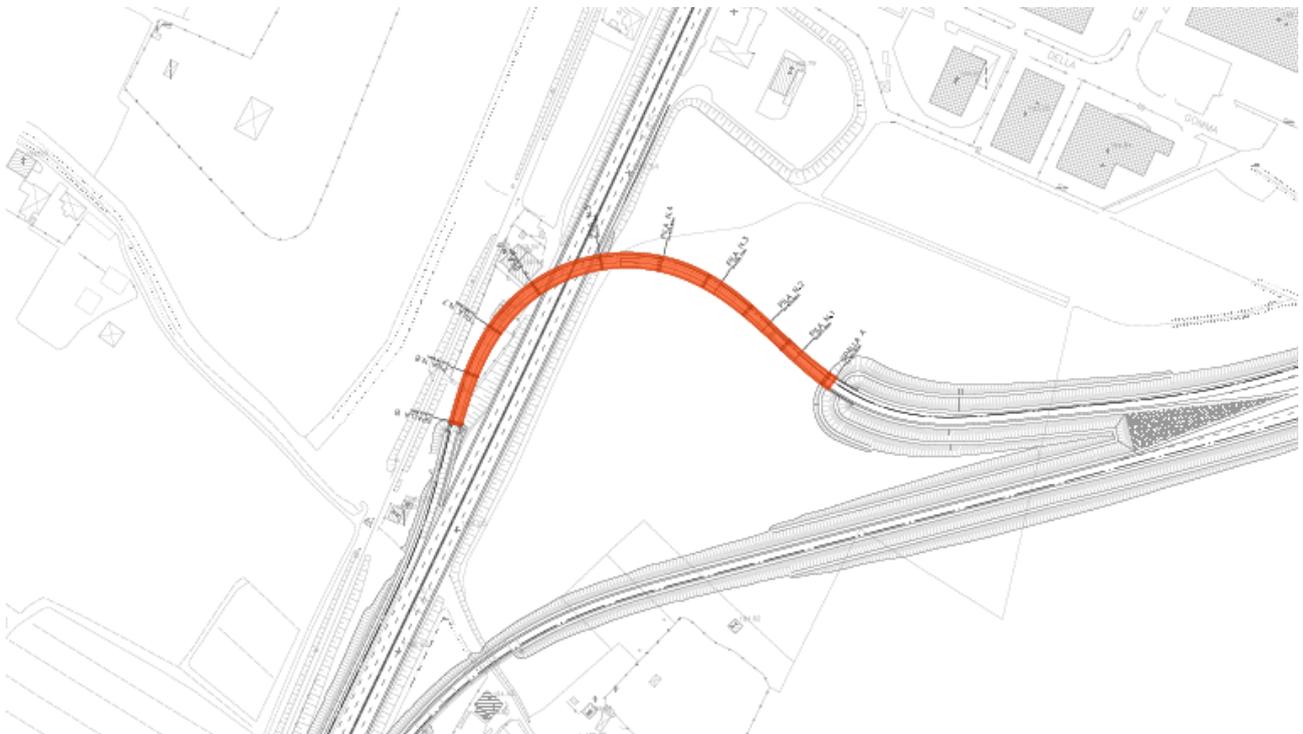
4. OPERE D'ARTE MAGGIORI

4.1. VIADOTTI

I viadotti in progetto sono:

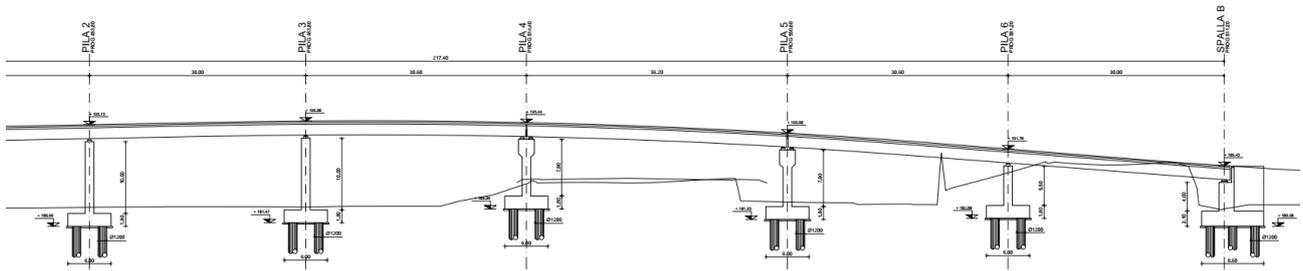
- 1) Viadotto di Madonna del Piano costituente il sovrappasso della E45

Il viadotto ha impalcato continuo misto acciaio/cls con luci massime di 36mt e si sviluppa in curva. È fondato su pali ed ha pile rettangolari di altezza massima 10mt. Il viadotto è isolato sismicamente.

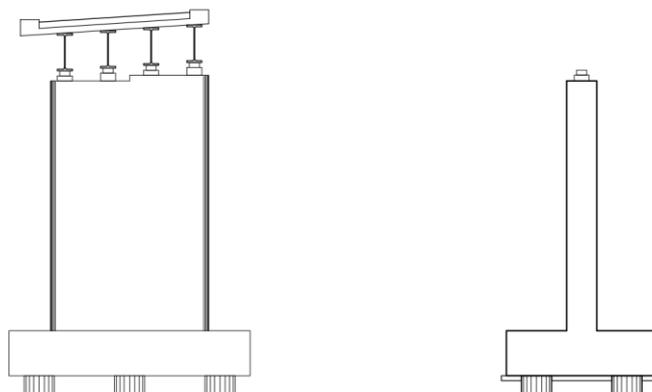


Planimetria del Viadotto

PROGETTAZIONE ATI:



Profilo del Viadotto

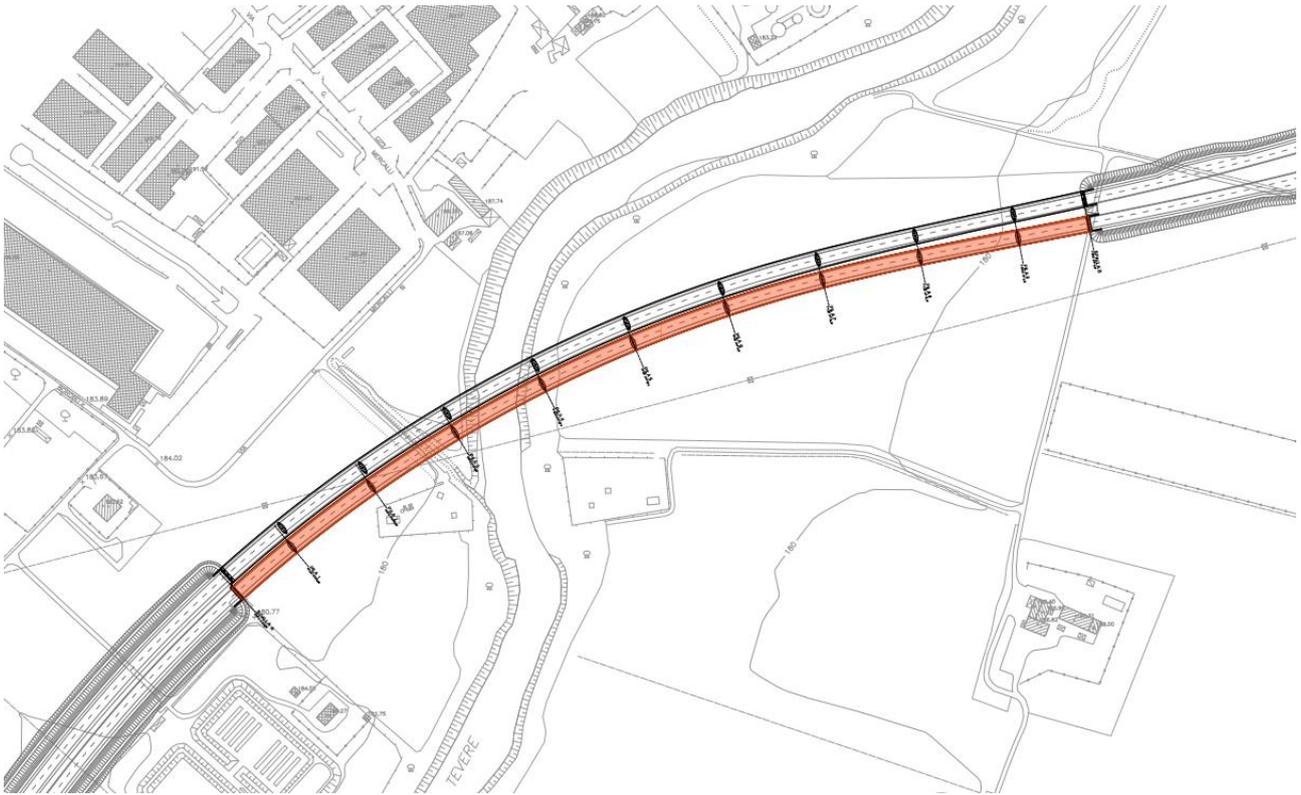


Sezione Strutturale Tipo del Viadotto

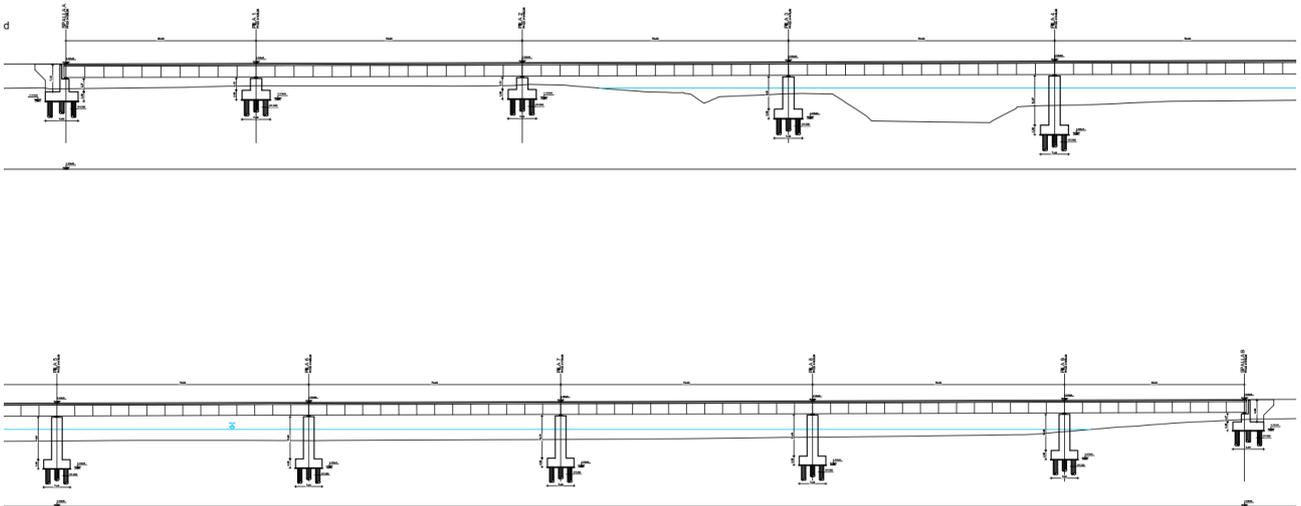
2) Viadotto sul Tevere (destra e sinistra)

Il viadotto ha impalcato continuo misto acciaio/cls con luci massime di 70mt e si sviluppa in curva. E' fondato su pali ed ha pile a sezione ellittica di altezza massima 13.30mt. Il viadotto è isolato sismicamente.

PROGETTAZIONE ATI:

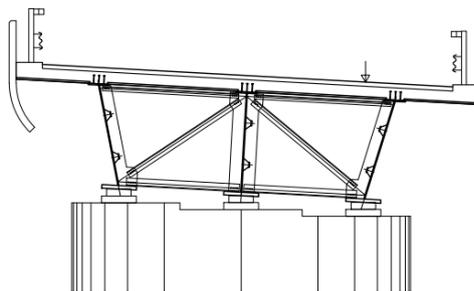


Planimetria del Viadotto



Profilo del Viadotto

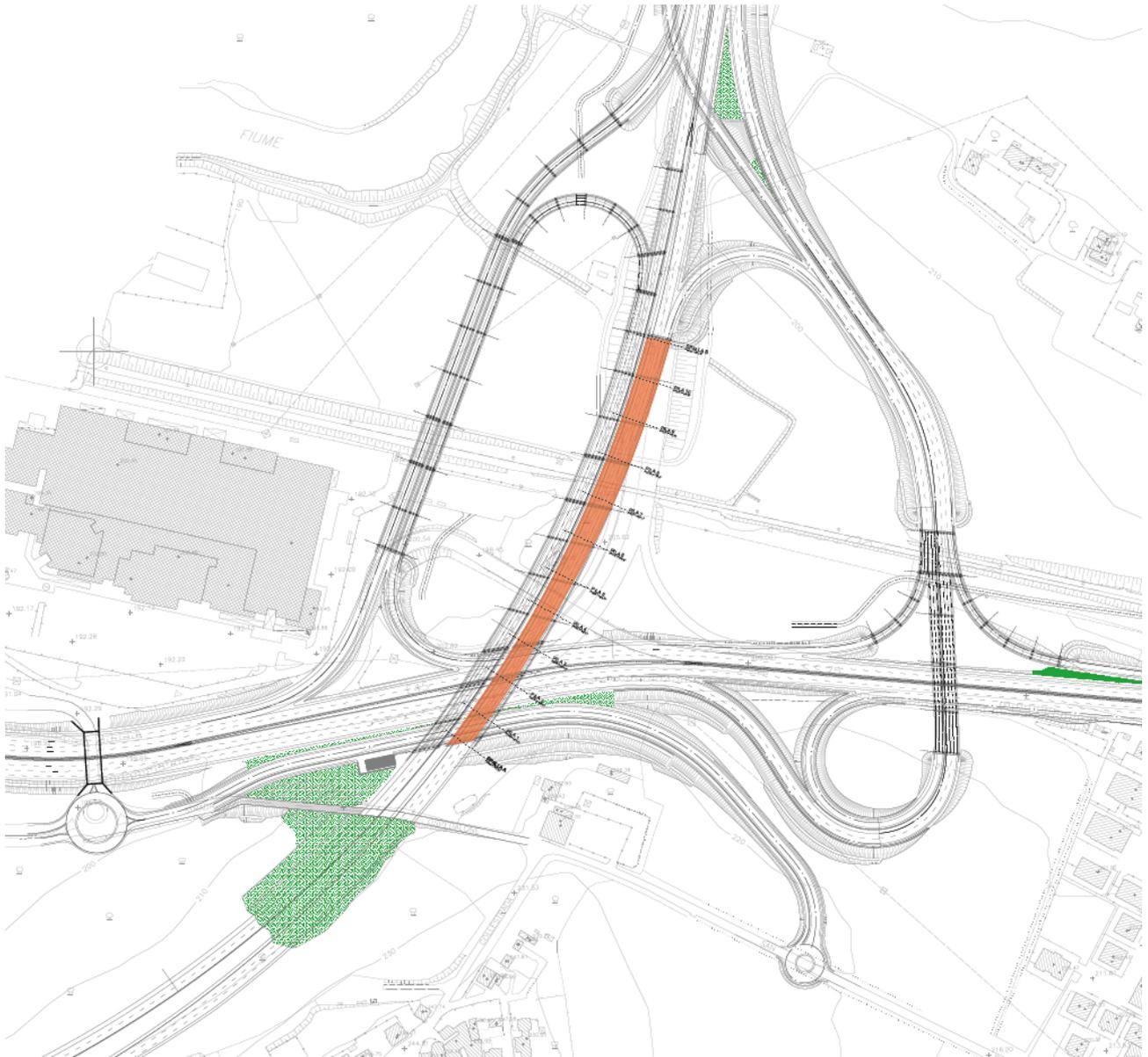
PROGETTAZIONE ATI:



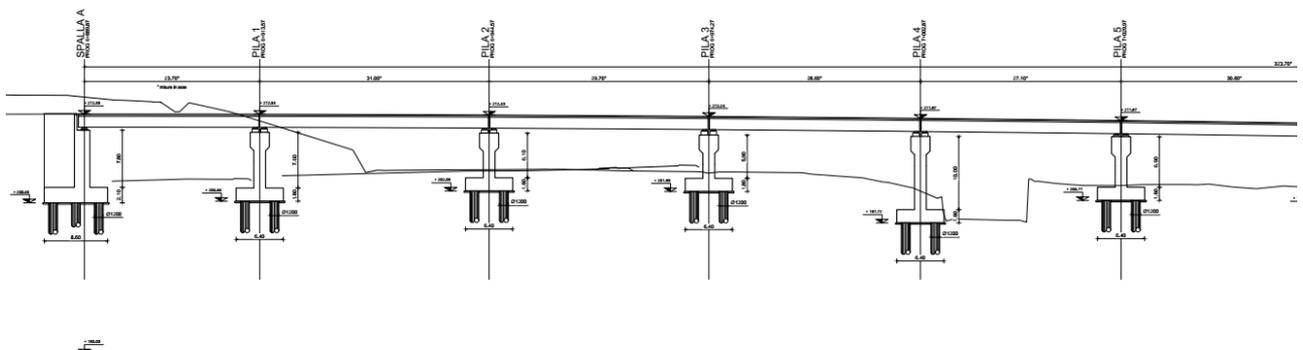
Sezione Strutturale Tipo del Viadotto

3) Viadotto di Collestrada (destra e sinistra)

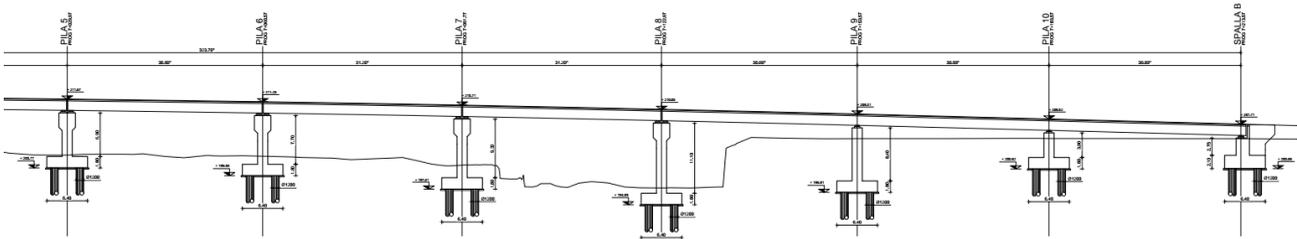
Il viadotto fa parte dello svincolo di Collestrada ha impalcato continuo misto acciaio/clt con luci massime di 35mt e si sviluppa in curva. E' fondato su pali ed ha pile a sezione rettangolare di altezza massima 13.30mt. Il viadotto è isolato sismicamente.



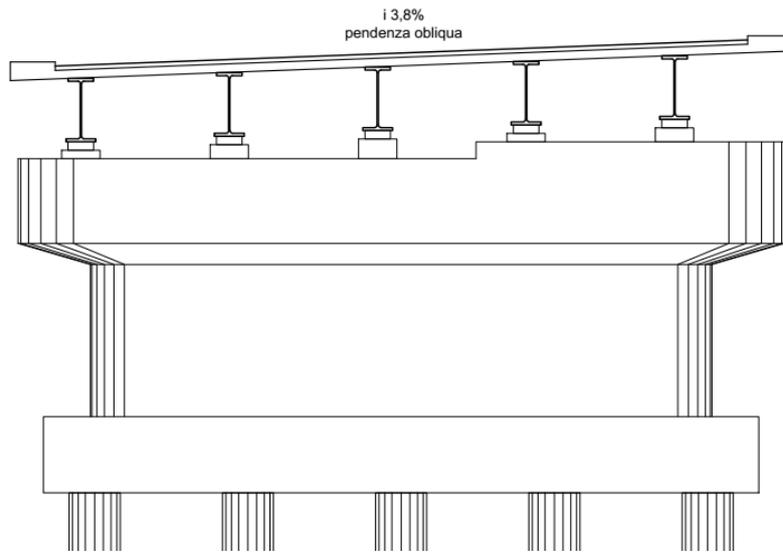
Planimetria del Viadotto



PROGETTAZIONE ATI:



Profilo del Viadotto

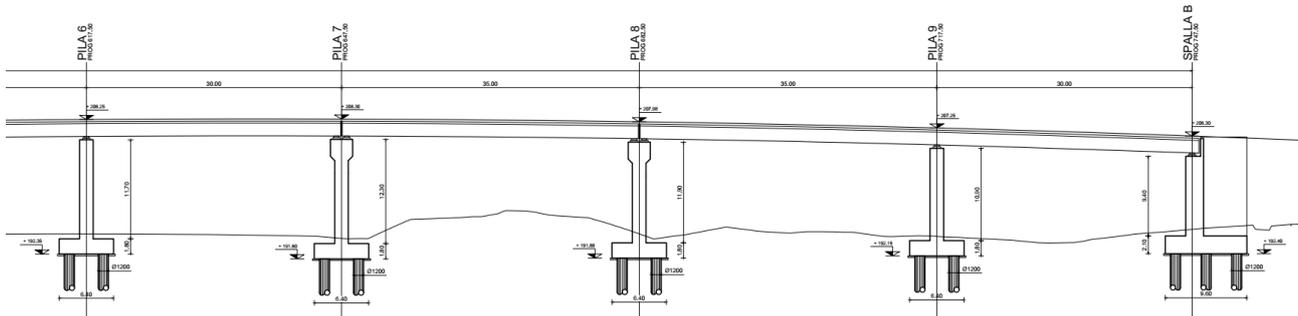


Sezione Strutturale Tipo del Viadotto

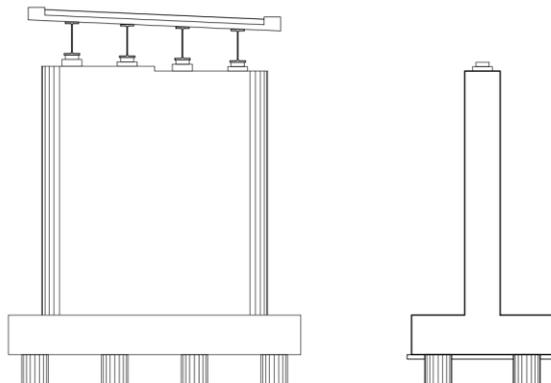
4) Viadotto Uscita Sud-Ovest

Il viadotto costituisce una rampa di uscita dello svincolo di Collestrada ha impalcato continuo misto acciaio/cls con luci massime di 35mt e si sviluppa in curva. E' fondato su pali ed ha pile a sezione rettangolare di altezza massima 12.30mt.

PROGETTAZIONE ATI:



Profilo del Viadotto

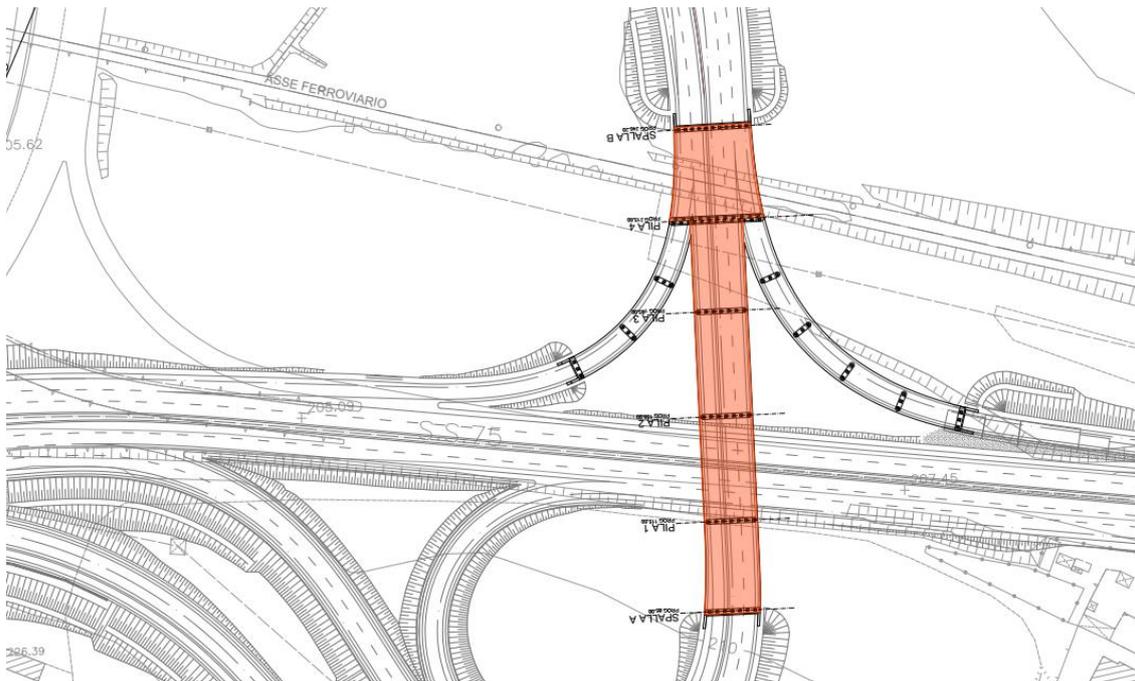


Sezione Strutturale Tipo del Viadotto

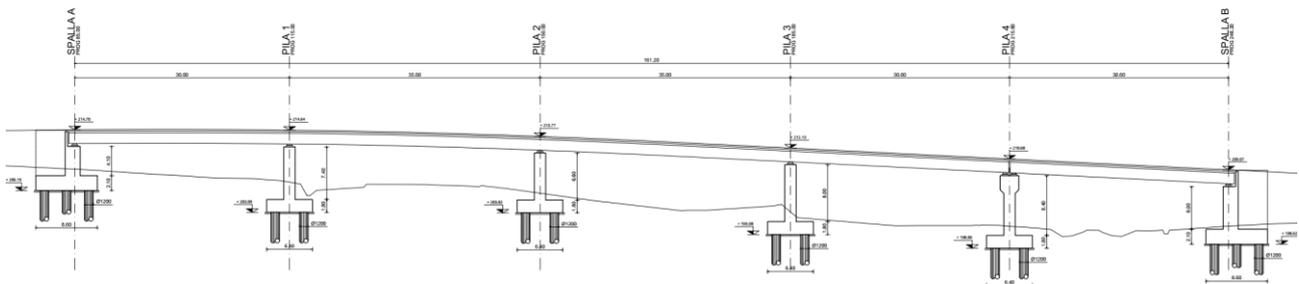
5) Viadotto Rampa Bidirezionale

Il viadotto costituisce la rampa bidirezionale dello svincolo di Collestrada ha impalcato continuo misto acciaio/cls con luci massime di 35mt e si sviluppa in rettilineo. E' fondato su pali ed ha pile a sezione rettangolare di altezza massima 8.40mt.

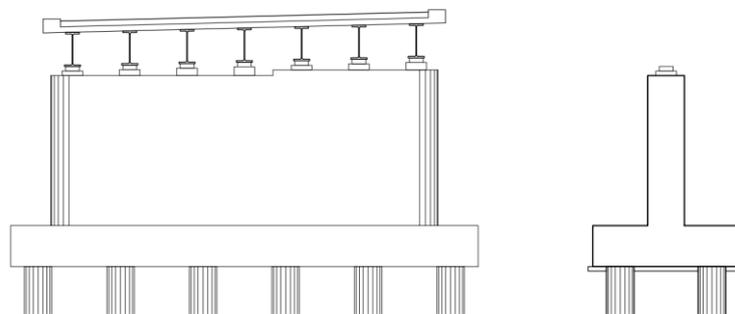
PROGETTAZIONE ATI:



Planimetria del Viadotto



Profilo del Viadotto

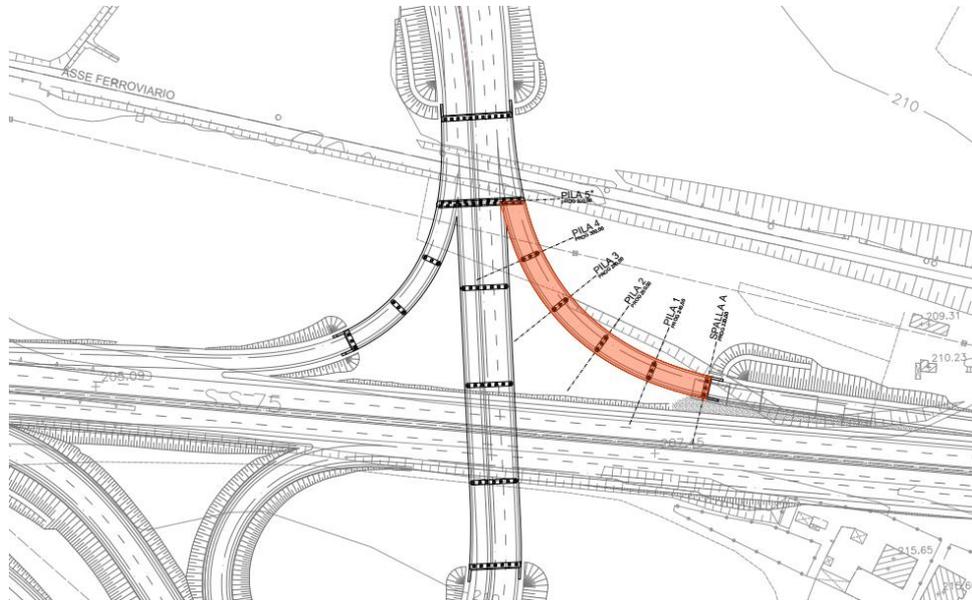


Sezione Strutturale Tipo del Viadotto

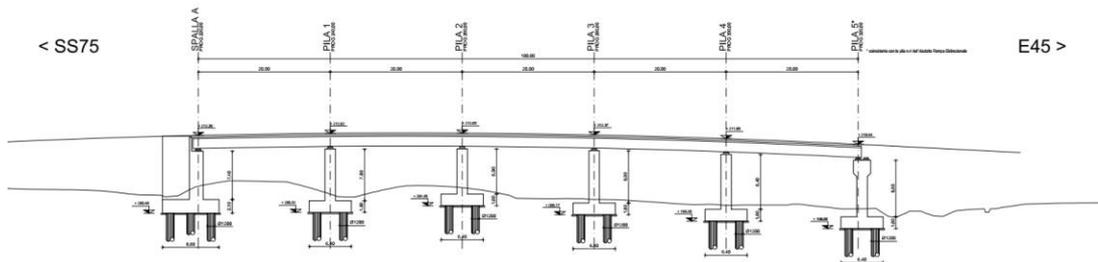
6) Viadotto immissione SS75 OVEST

PROGETTAZIONE ATI:

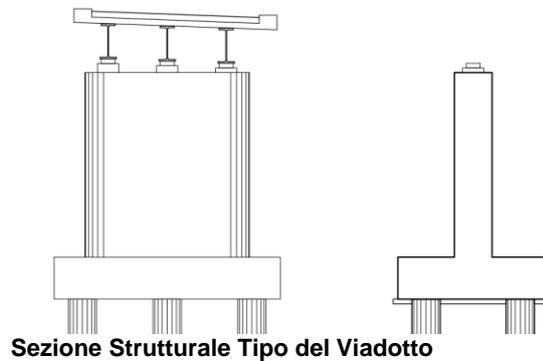
Il viadotto costituisce una rampa di immissione dello svincolo di Collestrada ha impalcato misto acciaio/cls con luci massime di 20mt e si sviluppa in curva. E' fondato su pali ed ha pile a sezione rettangolare di altezza massima 8.00mt.



Planimetria del Viadotto



Profilo del Viadotto

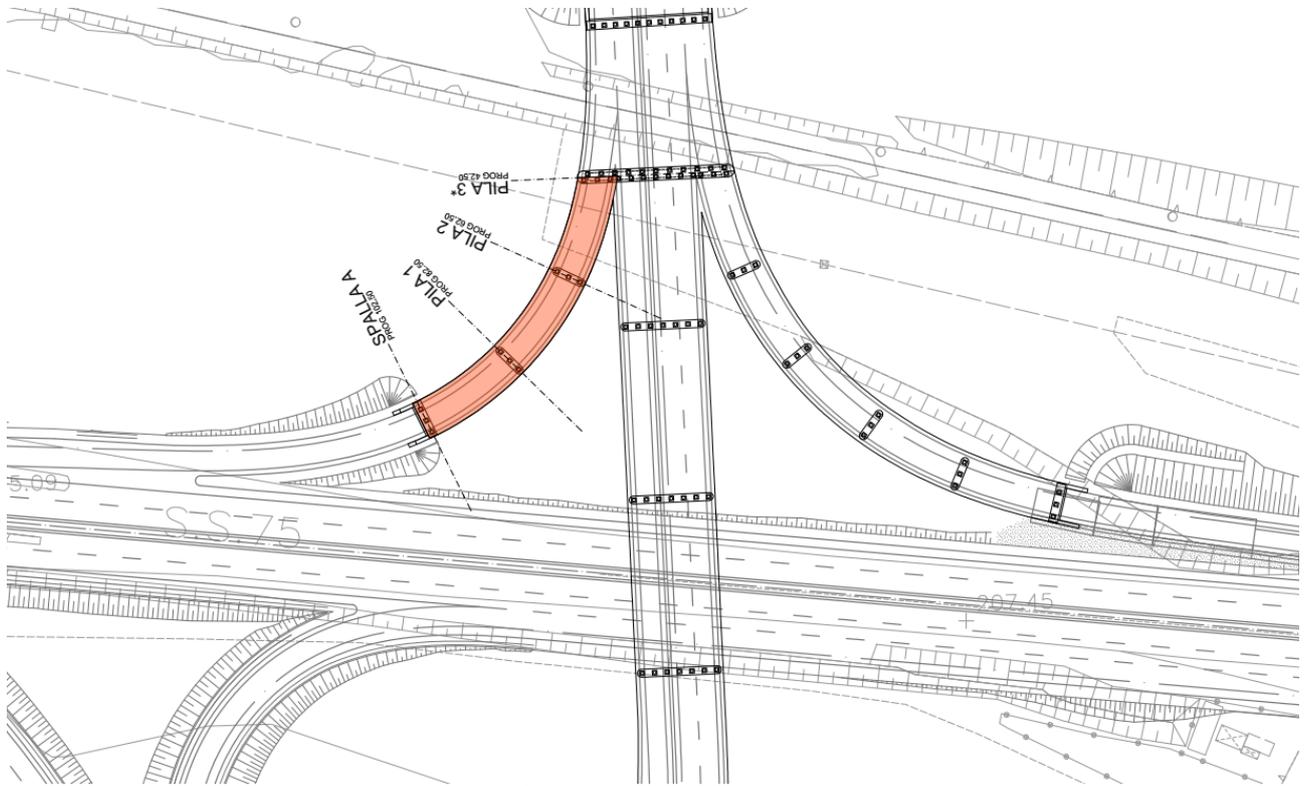


Sezione Strutturale Tipo del Viadotto

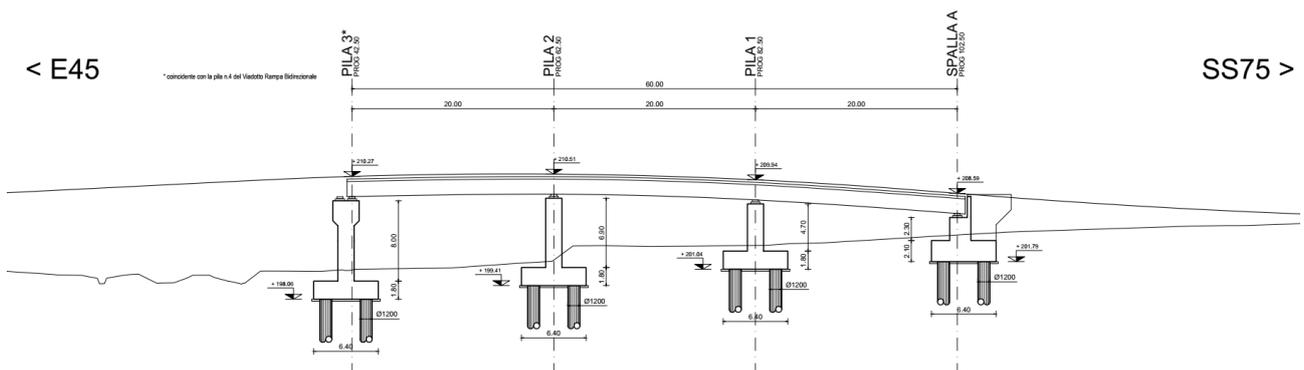
PROGETTAZIONE ATI:

7) Viadotto uscita SS75 OVEST

Il viadotto costituisce una rampa di uscita dello svincolo di Collestrada ha impalcato misto acciaio/cls con luci massime di 20mt e si sviluppa in curva. E' fondato su pali ed ha pile a sezione rettangolare di altezza massima 8.00mt.

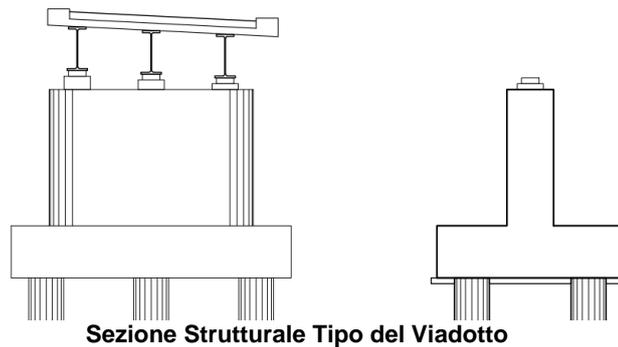


Planimetria del Viadotto



Profilo del Viadotto

PROGETTAZIONE ATI:



4.2. GALLERIE

4.2.1. GALLERIA COLLESTRADA

La galleria Collestrada presente un doppio fornice al cui interno ha sede una strada tipo B. La galleria è caratterizzata da due tratte in artificiale e una tratta, centrale, in naturale. Sono presenti sia bypass di collegamento pedonale sia bypass di collegamento carrabili tra le due canne. Nella tratta in artificiale in corrispondenza dell'imbocco sud e della tratta in naturale la piattaforma stradale ha una larghezza pari a 9.75 m e una pendenza trasversale massima pari a 2.5%. Nella tratta in artificiale in prossimità dell'imbocco nord è presente un allargamento per visibilità. Nella canna sinistra la piattaforma ha una larghezza massima pari a 11.15 m e la pendenza trasversale massima è pari 5.9%. Nella canna destra la piattaforma ha una larghezza massima pari a 12.25 m e la pendenza trasversale massima è pari 5.8%. In entrambi i fornici sono presenti piazzole di sosta caratterizzate da una larghezza pari a 3.00 m più 0.50 m di banchina e la lunghezza pari a 45 m.

Nello specifico, nella zona d'imbocco sud la tratta in artificiale è caratterizzata da una prima parte realizzata mediante scavo di sbancamento limitato, sul lato destro della carreggiata destra e sul lato sinistro della carreggiata sinistra, da due paratie di pali in C.A. trivellati di grande diametro. All'interno dello scavo si prevede la realizzazione di due scatolare in C.A. che saranno successivamente ritombati e sui quali è prevista la risistemazione della via Ferriera. Il ritombamento degli scatolari è sostenuto da un muro a gravità che si eleva tra i due scatolari. La successiva tratta di galleria artificiale è realizzata con il Metodo Milano. La scelta di tale metodo è dettata esigenze di cantierizzazione. Infatti, procedendo prima alla realizzazione della tratta in artificiale con il metodo Milano, è possibile deviare Via Ferriera al di sopra della tratta artificiale e procedere alla realizzazione della tratta in scatolare senza dover interrompere la viabilità esistente. Proseguendo in direzione Collestrada si entra nella tratta in naturale. La galleria naturale prevede lo scavo tradizionale mediante tecniche di scavo meccanico. In corrispondenza dell'attraversamento del fosso che parte dalla Strada Cimitero Collestrada, a causa delle bassissime coperture, è presente una tratta con interventi di consolidamento dall'alto e protesi su pali in C.A. Superata tale tratta lo scavo della galleria riprende con le usuali tecniche di scavo tradizionali fino alla paratia d'imbocco nord. Da questo punto parte una tratta in artificiale, sempre realizzata con il metodo Milano al fine di limitare gli scavi, fino al superamento della Strada Ospedalone San Francesco dove termina la tratta in artificiale e ci si raccorda a due opere d'arte minori.

Di seguito si riportano le progressive che segnano l'inizio delle diverse tratte della galleria Collestrada:

Asse sx

Inizio GA – scatolare pk 4+607.276;

PROGETTAZIONE ATI:

Inizio GA – metodo Milano pk 4+646.705;
 Inizio GN – pk 4+740;
 Inizio consolidamento dall'alto pk – 5+875.45;
 Inizio protesi – pk 5+930;
 Inizio consolidamento dall'alto – pk 6+078;
 Fine consolidamento dall'alto – pk 6+132;
 Inizio GA – metodo Milano – pk 6+315;
 Fine GA – pk 6+819.849.

Asse dx

Inizio GA – scatolare pk 4+588.233;
 Inizio GA – metodo Milano pk 4+627.661;
 Inizio GN – pk 4+700;
 Inizio consolidamento dall'alto pk – 5+872;
 Inizio protesi – pk 5+920;
 Inizio consolidamento dall'alto – pk 6+000;
 Fine consolidamento dall'alto – pk 6+054;
 Inizio GA – metodo Milano – pk 6+350;
 Fine GA – pk 6+830.649.

Di seguito si riportano alcuni esempi di sezioni tipo adottate per la galleria Collestrada:

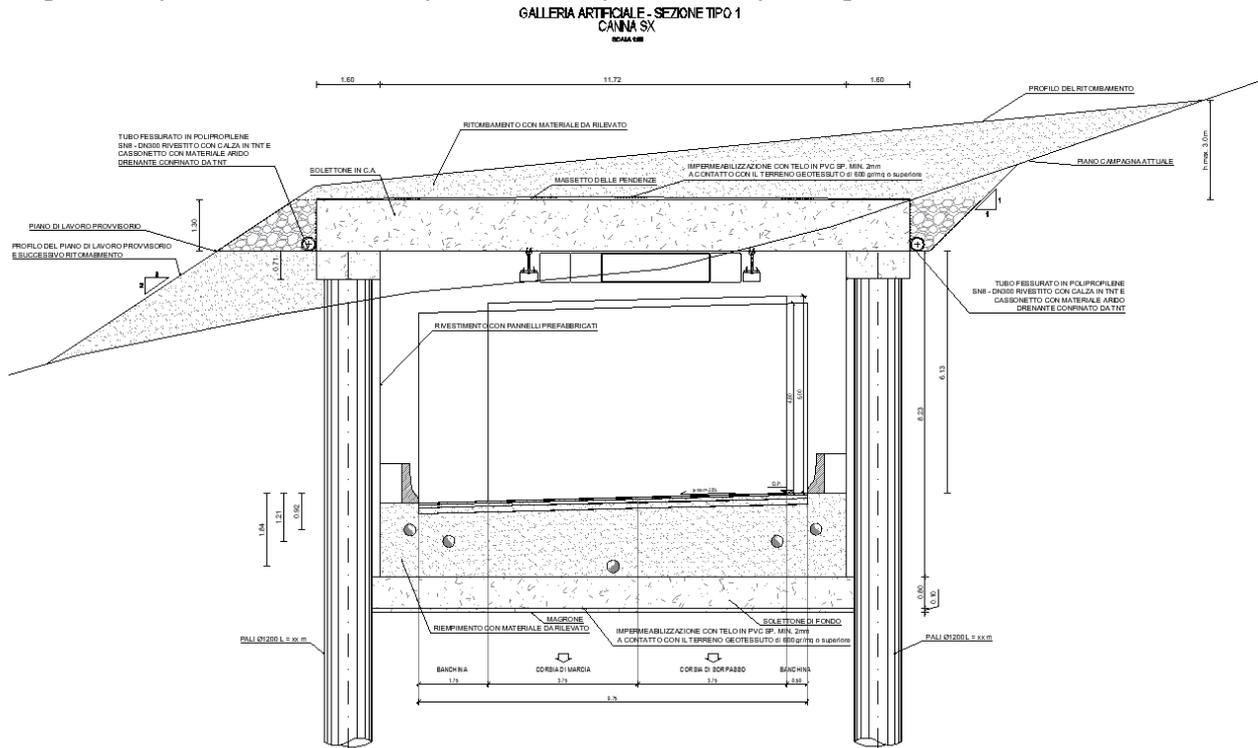


Figura 4.1: Esempio di sezione tipo adottata per la tratta in artificiale metodo Milano

PROGETTAZIONE ATI:

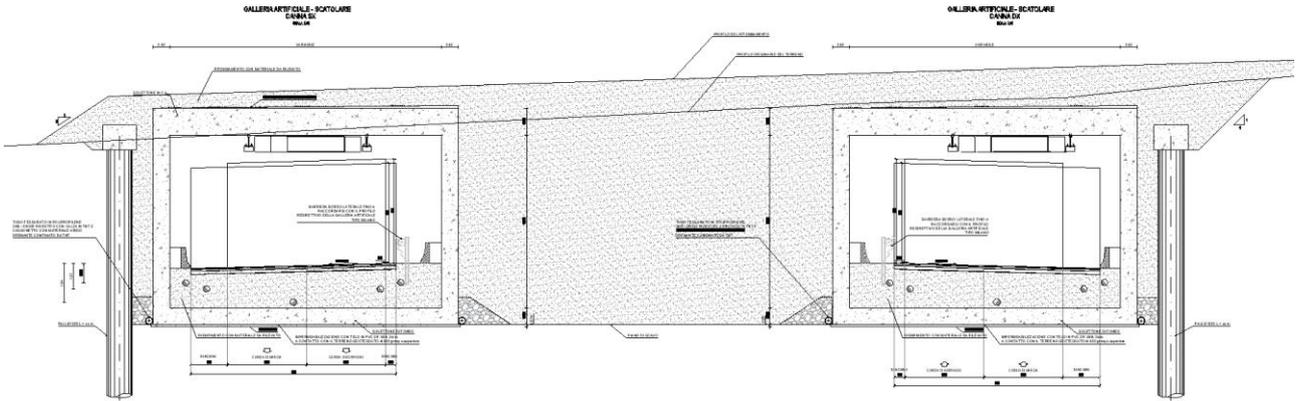


Figura 4.2: Esempio di sezione tipo adottata per la tratta in artificiale con scatolare

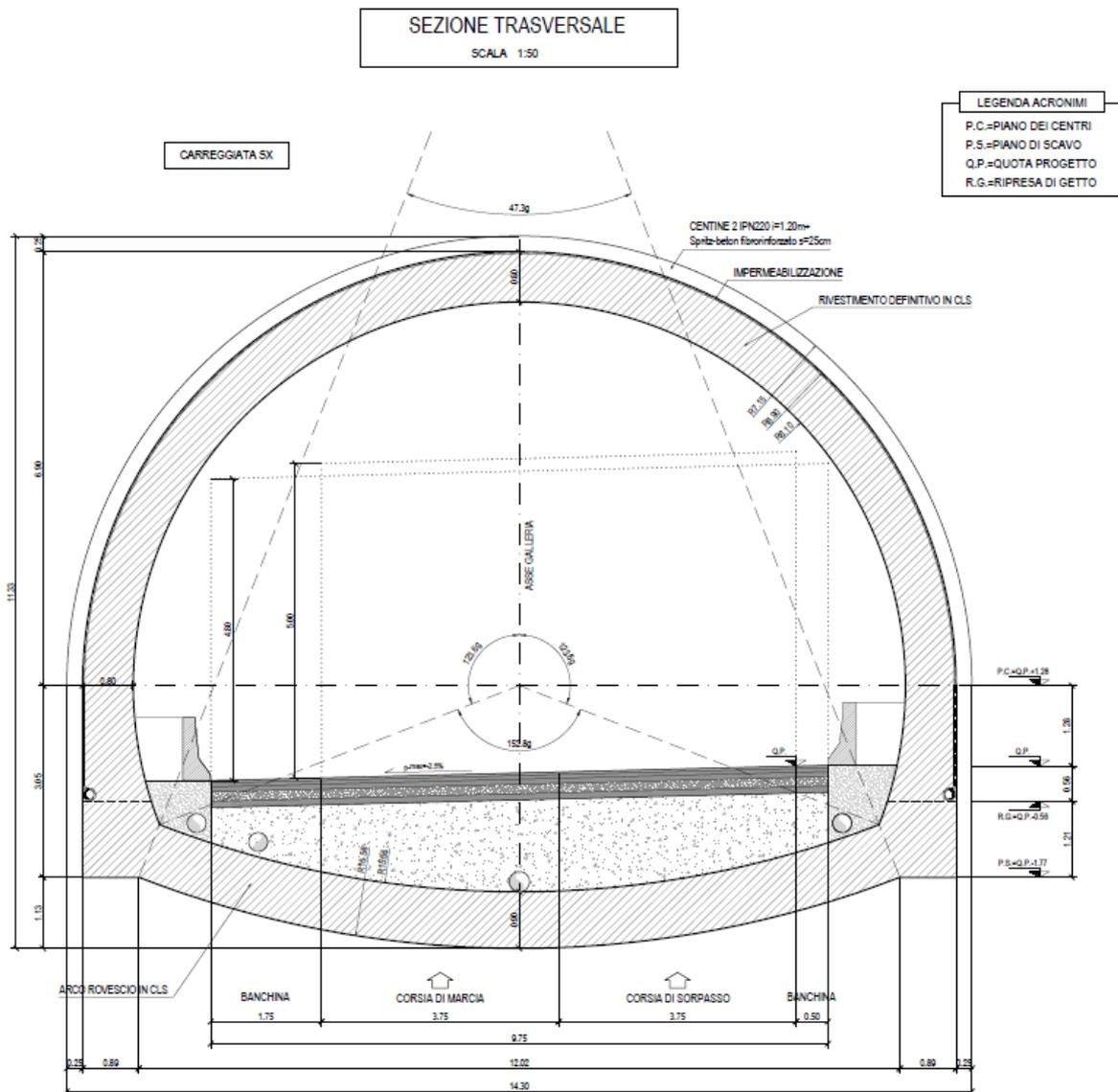


Figura 4.3: Esempio sezione tipo corrente adottata in naturale

PROGETTAZIONE ATI:

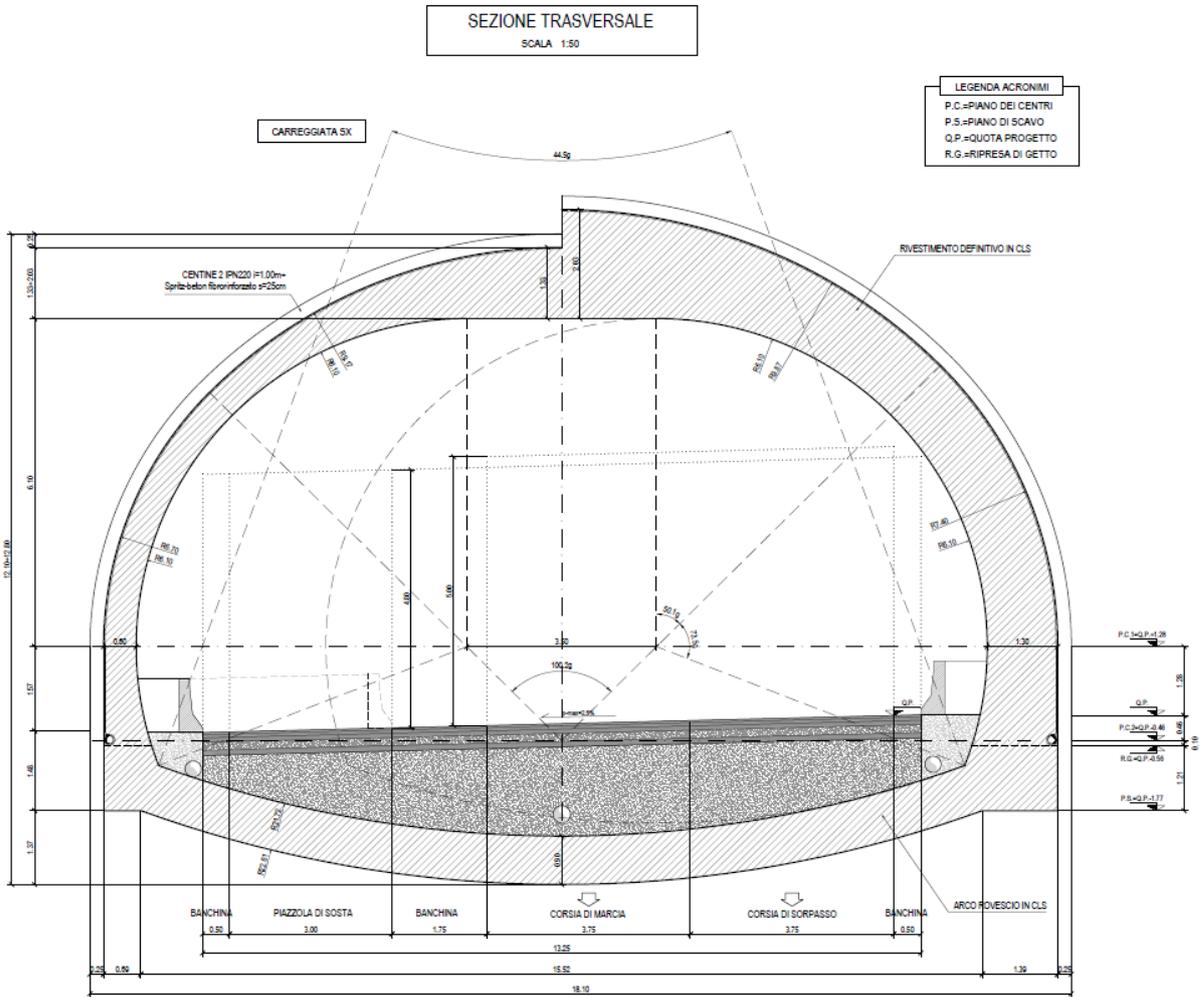


Figura 4.4: Esempio sezione tipo in piazzola adottata in naturale

Di seguito si riporta la planimetria della galleria Collestrada:



Figura 4.5: Stralcio planimetrico della galleria con vista su imbocco sud

PROGETTAZIONE ATI:

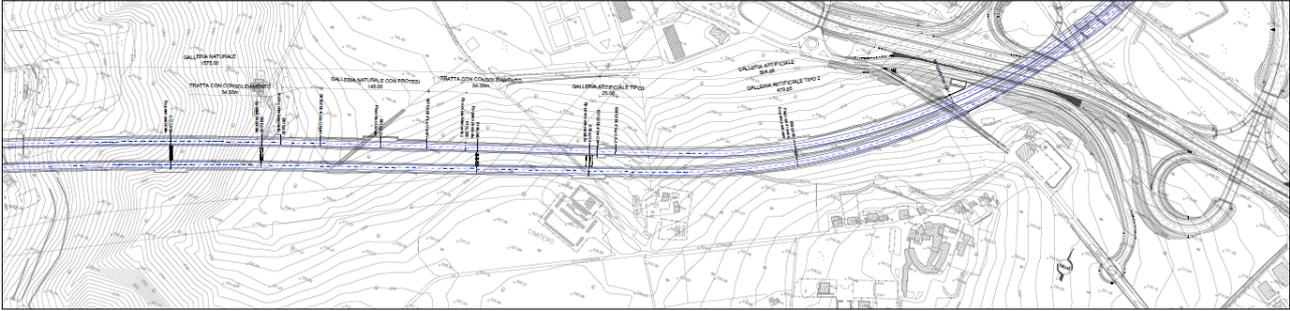


Figura 4.6: Stralcio planimetrico della galleria con vista su imbocco nord

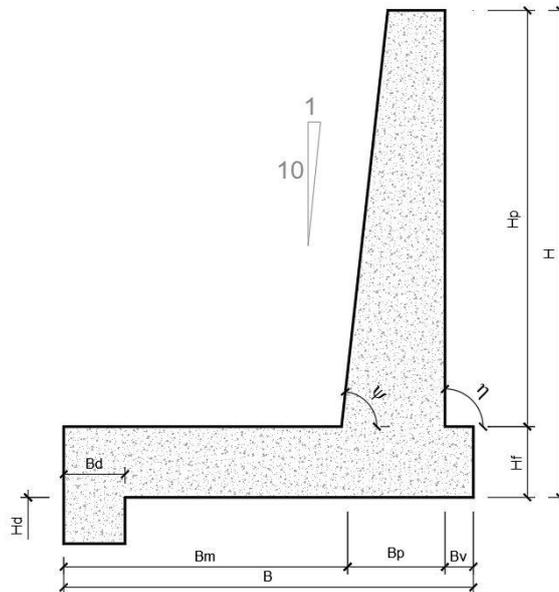
5. OPERE D'ARTE MINORI

5.1. OPERE DI SOSTEGNO

L'intervento prevede una serie di opere di sostegno minori a svincoli e rampe che hanno lo scopo di migliorare la viabilità della zona Est della città di Perugia, in località Collestrada, fino a raggiungere la Strada Statale 3bis nei pressi dello svincolo di Montebello (PG).

Tali muri sono a fondazione diretta: essi sono realizzati come muri a mensola gettati in opera, in corrispondenza di vari punti di raccordo tra svincoli e viabilità principale. Sono posti in maniera sparsa sull'interno progetto stradale, ed hanno diverse altezze ed estensioni in funzione dell'altezza raggiunta per il sostegno del terreno e/o strade retrostanti.

Di seguito saranno riportate le misure geometriche:

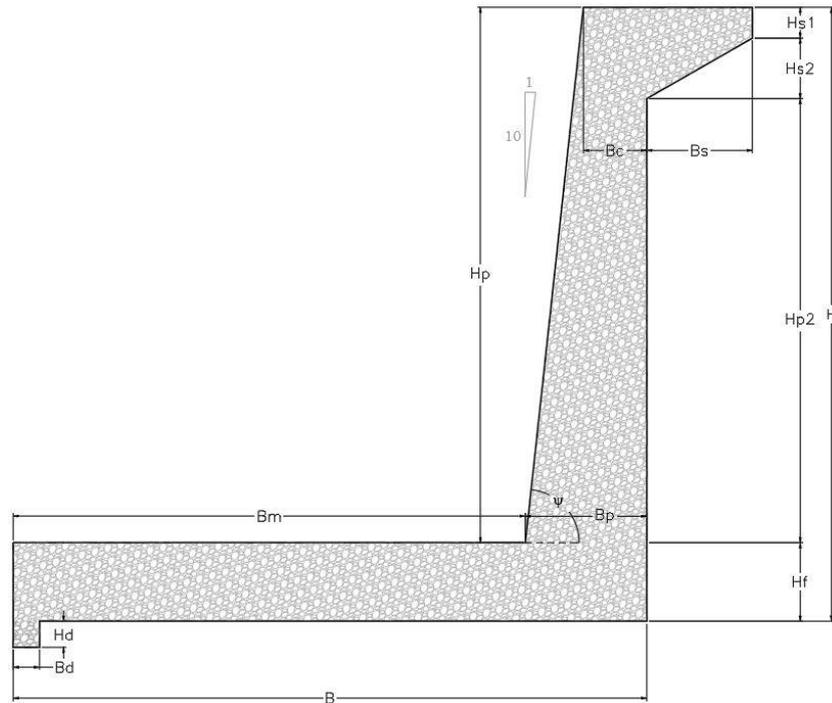


SEZIONE	H_p	H_f	H	B_v	B_p	B_m	B	B_c	H_d	B_d
tipo	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
H3.5	3,50	0,80	4,30	0,50	1,05	2,45	4,00	0,70	0,00	0,00
H5	5,00	1,00	6,00	1,00	1,20	2,80	5,00	0,70	0,50	0,50
H6	6,00	1,00	7,00	1,00	1,30	3,70	6,00	0,70	0,50	0,50
H7	7,00	1,20	8,20	1,00	1,40	4,60	7,00	0,70	0,60	0,60

PROGETTAZIONE ATI:

H8	8,00	1,30	9,30	1,00	1,50	6,00	8,50	0,70	0,60	0,60
H10	10,00	1,30	11,30	1,00	1,70	7,30	10,00	0,70	0,60	0,60
H11	11,00	1,30	12,30	1,00	1,80	8,70	11,50	0,70	0,60	0,60

I muri di sostegno presenti nel ramo stradale chiamato "Uscita Sud-Ovest", presentano una conformazione a causa di alcune aree private presenti nella zona, oltre al fatto di voler impedire un movimento terra troppo gravoso. Tali opere hanno in testa al paramento uno sbalzo, necessario per poter sorreggere la struttura stradale superiore. In seguito la geometria analizzata:



SEZIONE	H_p	H_f	H	B_v	B_p	B_m	B	B_c	B_s	$H_{s1} + H_{s2}$
tipo	(m)									
H10s	10,00	1,30	11,30	1,00	1,70	7,80	10,50	0,70	2,00	1,15+0,60

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

- **Calcestruzzo magro - magrone**

Classe di resistenza minima
Classe di esposizione
Rapporto A/C
Dimensione max. aggregati

C12/15
X0
 $\leq 0,70$
20mm

- **Calcestruzzo per fondazioni muri**

Classe di resistenza minima

C32/40

PROGETTAZIONE ATI:

Classe di esposizione	XC3
Classe consistenza	S4
Tipo di cemento	CEM Classe N
Rapporto A/C	≤ 0,60
Dim. max. nominale aggregato	30 mm
Copriferro nominale (EN1992-1-1)	40 mm
• Calcestruzzo per elevazione muri	
Classe di resistenza minima	C32/40
Classe di esposizione	XC4 + XD3
Classe consistenza	S4
Tipo di cemento	CEM Classe N
Rapporto A/C	≤ 0,55
Dim. max. nominale aggregato	30 mm
Copriferro nominale (EN1992-1-1)	40 mm
• Acciaio per armature ordinarie	
Tipo	B450C
Tensione caratteristica di snervamento (f_{yk})	≥ 450 N/mm ²
Tensione caratteristica a rottura (f_{tk})	≥ 540 N/mm ²

5.2. PARATIE

L'intervento prevede una serie di paratie di sostegno che si sviluppano in corrispondenza di vari punti di raccordo tra svincoli e viabilità principali.

In particolare, le opere in oggetto di verifica sono 4 paratie di sostegno (denominate PA.01, PA.02, PA.03 e PA.04) realizzate mediante berlinesi in micropali e pali. I micropali vengono eseguiti realizzando la perforazione con diametro 0.30 m e con interasse di 0.50m, mentre i pali sono di diametro 0.80 m ed interasse 1.00m. L'altezza di scavo è variabile lungo lo sviluppo delle opere, avendo la necessità di ancorare le paratie con tiranti nei casi in cui le altezze delle berlinesi sono significative: le paratie ed il sistema di ancoraggio sono resi solidali mediante delle travi di ripartizione costituite da profili metallici tipo HEA220, HEA240 e HEB300.

Di seguito verrà resa nota la geometria delle paratie oggetto di relazione:

- PA.01: PARATIA USCITA SUD-EST COLLESTRADA

È sviluppata al lungo dell'uscita Sud-Est Collestrada, dalla progressiva 0+239.98 alla 0+295.697. L'altezza di scavo è variabile, raggiungendo il massimo valore di 6.70 m. Nelle seguenti tabelle sono riportate le grandezze geometriche della paratia e degli ancoraggi.

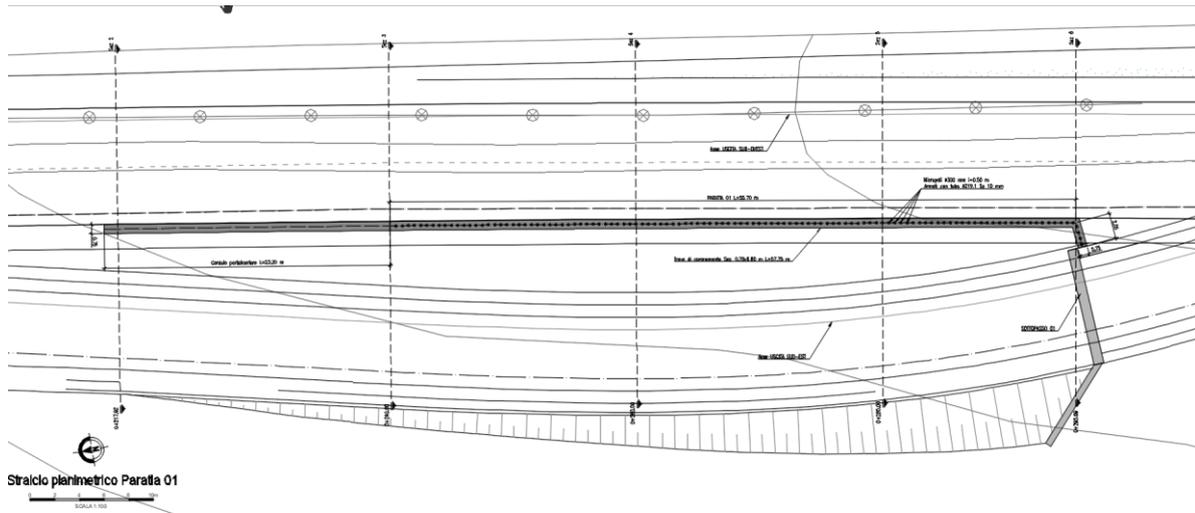


Figura 5-1: PA.01 – Planimetria

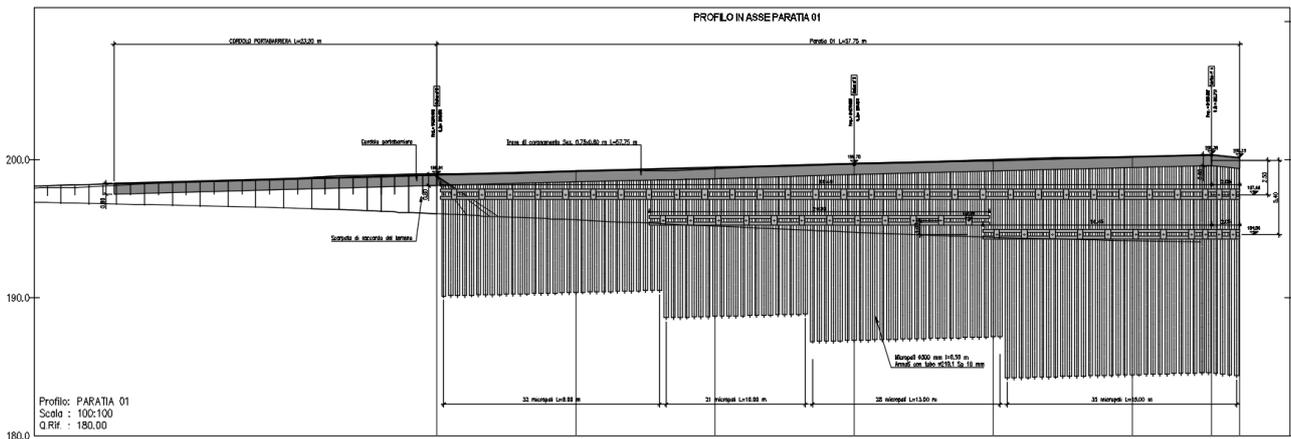


Figura 5-2: PA.01 – Profilo in asse paratia

Tabella 5-1: PA.01 - Geometria dei micropali

Diametro di perforazione [m]	0.30
Profilo tubolare	Ø219.1 mm sp. 10 mm
Lunghezza [m]	15
Interasse [m]	0.50

- PA.02: PA.02 - PARATIA AP IN DX

È sviluppata al lungo della viabilità principale, tra le progressive 6+815.6 e 6+847.2. L'altezza di scavo è variabile, raggiungendo il massimo valore di 13 m. Nelle seguenti tabelle sono riportate le grandezze geometriche della paratia e degli ancoraggi.

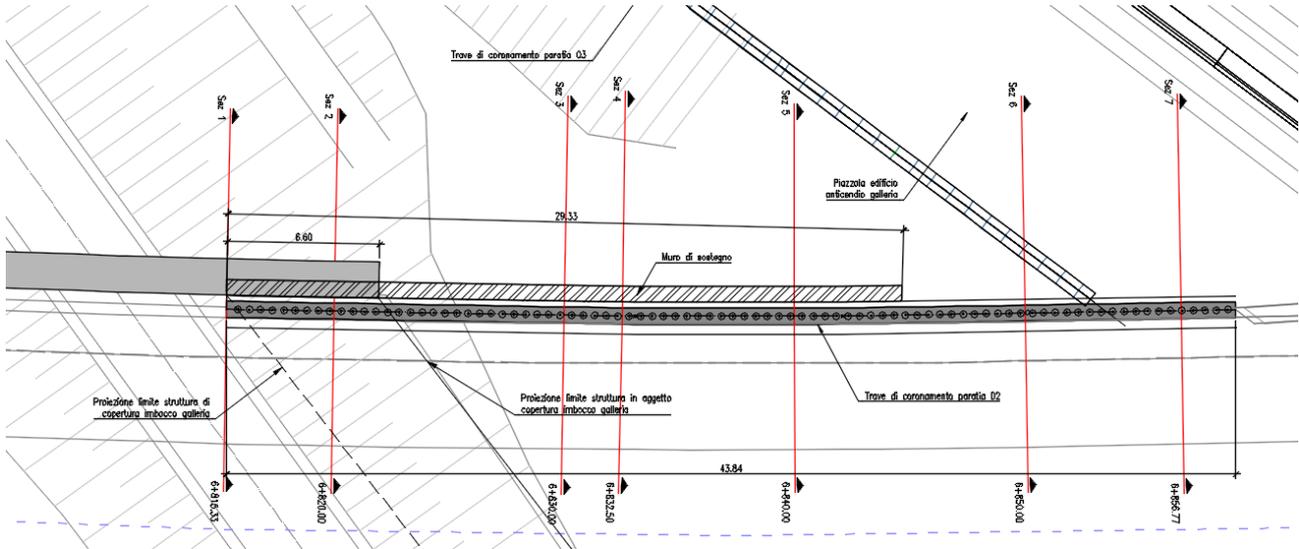


Figura 5-3: PA.02 – Planimetria

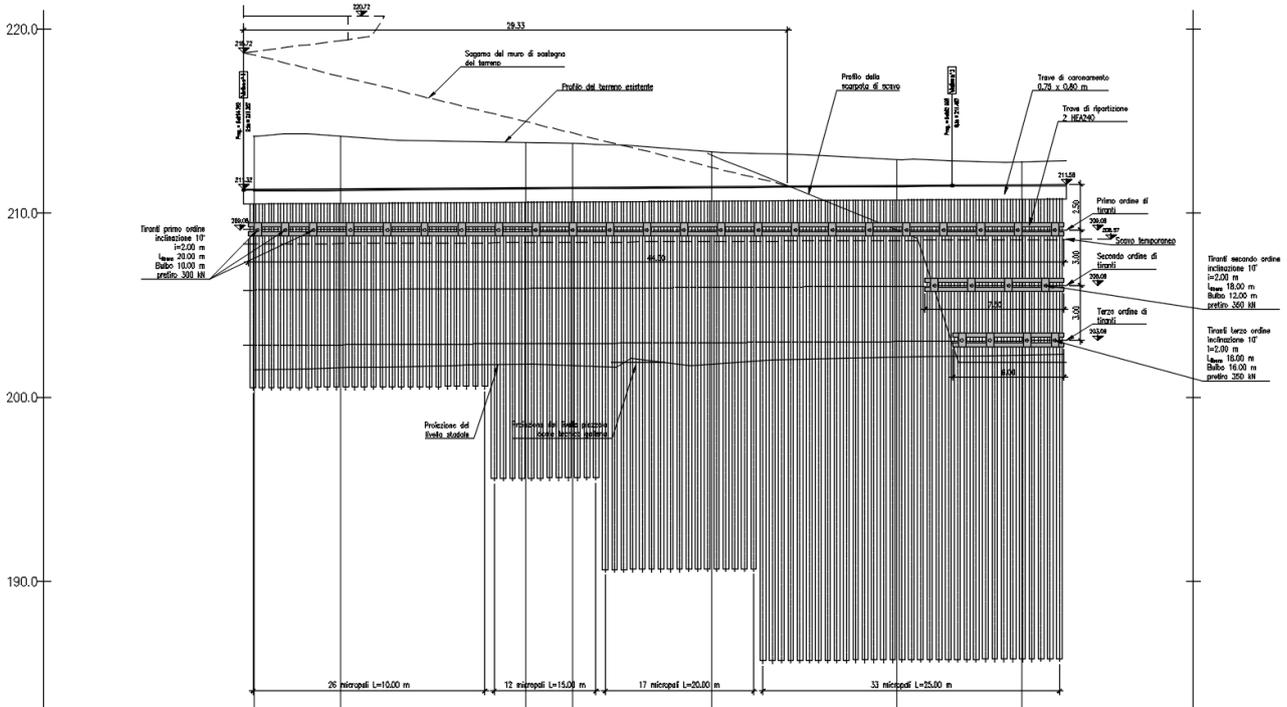


Figura 5-4: PA.02 – Profilo in asse paratia

Tabella 5-2: PA.02 - Geometria dei micropali

Diametro di perforazione [m]	0.30
Profilo tubolare	Ø244.5 mm sp. 20 mm
Lunghezza [m]	25
Interasse [m]	0.50

- PA.03: PA.03 - PARATIA DEVIAZIONE COLLESTRADA

È sviluppata al lungo della Deviazione Collestrada, tra le progressive 0+165.8 e 0+192.3. L'altezza di scavo è variabile, raggiungendo il massimo valore di 9.00 m.

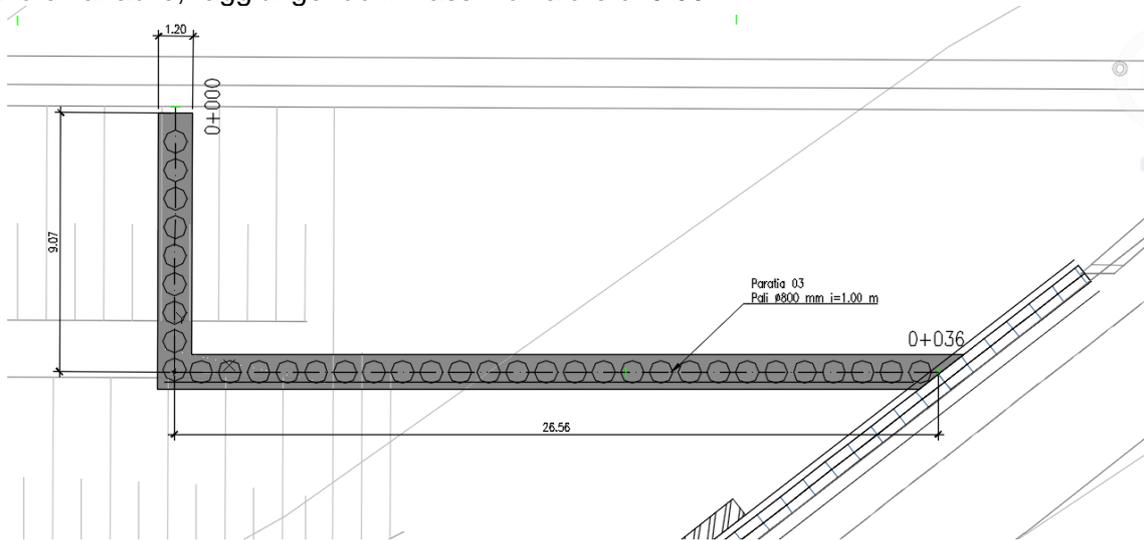


Figura 5-5: PA.03 – Planimetria

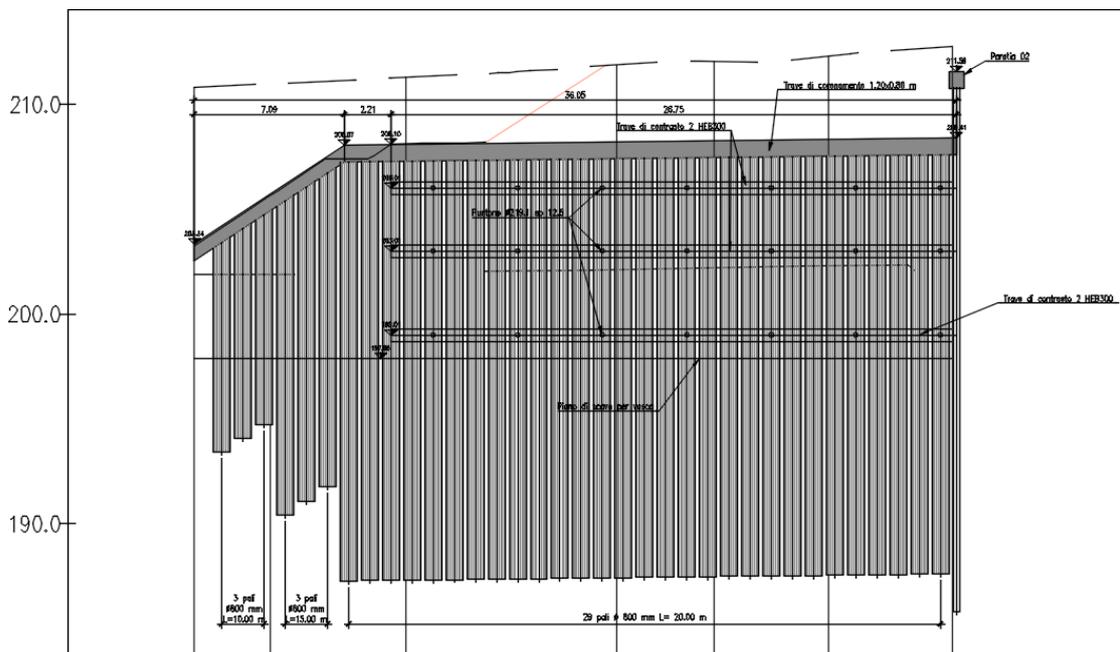


Figura 5-6: PA.04 – Profilo in asse paratia

Per la realizzazione del presente manufatto si prevede l'esecuzione di un sistema di contrasto provvisorio composto da una paratia e dei puntoni d'ancoraggio (Figura 2-7). Nelle seguenti tabelle sono riportate le grandezze geometriche della paratia e degli ancoraggi.

PROGETTAZIONE ATI:

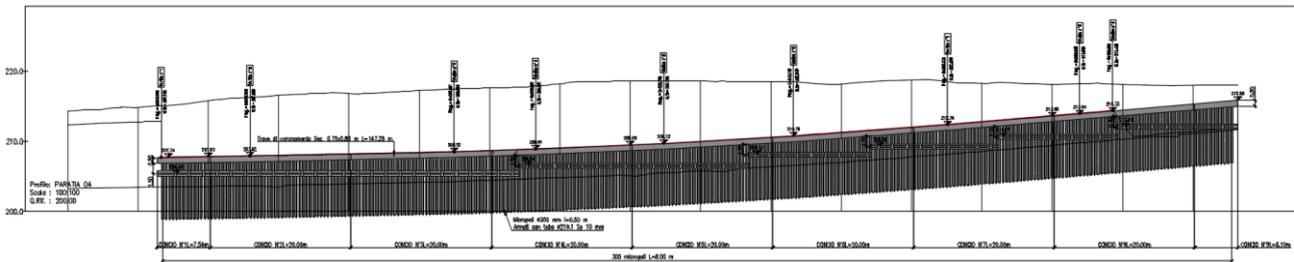


Figura 5-9: PA.04 – Profilo in asse paratia

Tabella 5-4: PA.04 - Geometria dei micropali

Diametro di perforazione [m]	0.30
Profilo tubolare	Ø219.1 mm sp. 10 mm
Lunghezza [m]	8
Interasse [m]	0.50

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104. Dato il contatto con acque di prima pioggia, generalmente acide, si considerano i seguenti materiali:

- Calcestruzzo per cordolo

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C32/40
Classe di esposizione:		Xf2
Classe di consistenza:	S	S4
Copriferro minimo [mm]	c	40

- Malta di iniezione per micropali/pali

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C30/37
Classe di esposizione:		XC4
Classe di consistenza:	S	S5
Copriferro minimo [mm]	c	40

- Malta di iniezione per tiranti

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C25/30
Classe di esposizione:		XC2
Classe di consistenza:	S	S5
Copriferro minimo [mm]	c	40

- Acciaio per carpenteria metallica e profili dei micropali

Acciaio tipo S355H controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento	di f_{yk}	$\geq 355N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 510N/mm^2$

- Acciaio per trefoli di ancoraggio

Acciaio tipo Y1770 standard controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento	di f_{yk}	$\geq 1560N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 1770N/mm^2$

5.3. SOTTOVIA

I sottovia hanno lo scopo di poter assicurare il passaggio di una via di comunicazione al disotto di un'altra via di comunicazione più importante: in questo progetto sono numerose le vie secondarie presenti lungo il tracciato dell'asse principale e che interferiscono con le rampe o strade di accesso agli abitati.

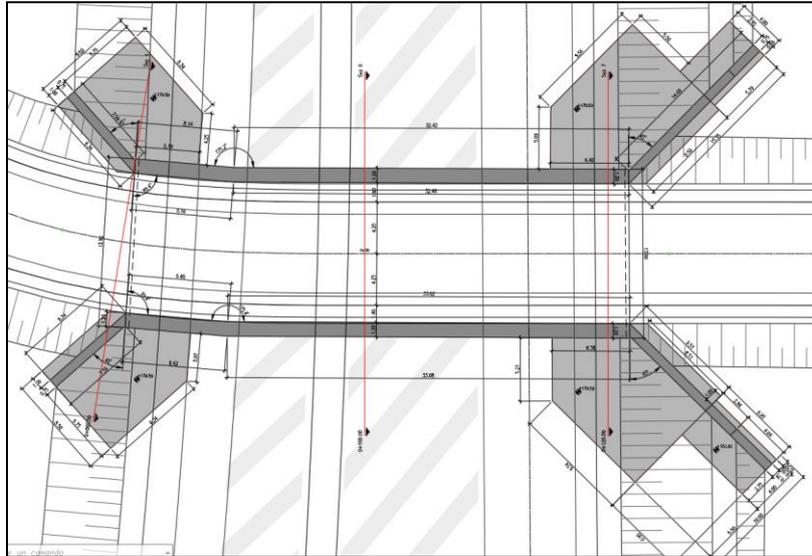
Possono essere sia elementi totalmente nuovi, a causa dell'interferenza tra viabilità esistente e nuova, sia prolungamenti di alcuni manufatti che esistono attualmente, estensioni necessarie visti gli allargamenti della sede stradale.

Si trattano in particolare 4 nuovi sottovia (3 in zona Collestrada ed 1 nei pressi della zona industriale Sud di Perugia) ed 2 estensioni (entrambe in zona Collestrada). In queste opere sono presenti anche muri di imbocco a mensola, necessari per sostenere il rilevato stradale ed impedire che essi invadano la viabilità secondaria.

Di seguito i dati geometrici di tali sottovia:

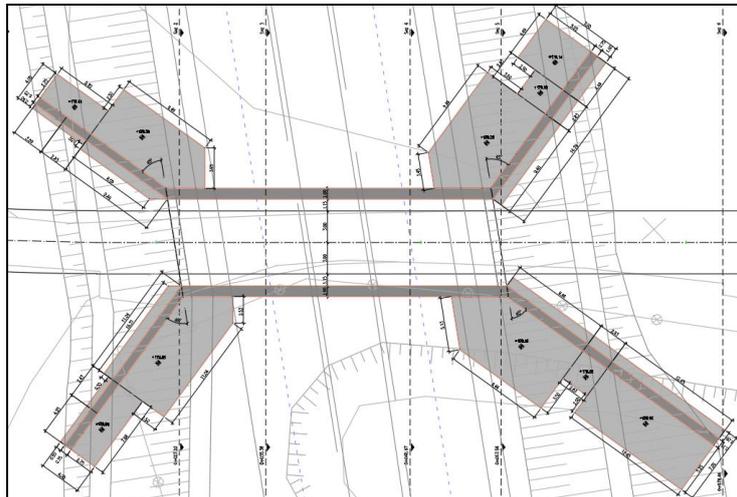
- Sottovia Deviazione 1:

SEZIONE	S _p	L _{ar}	L _{un}	n.conci
Deviazione 1	(m)	(m)	(m)	-
Soletta SUP	1,00	13,90	41,04	1
Soletta INF	1,40	13,90	41,04	1
Piedritti	1,20	6,70	41,04	1



- Sottovia Deviazione 2:

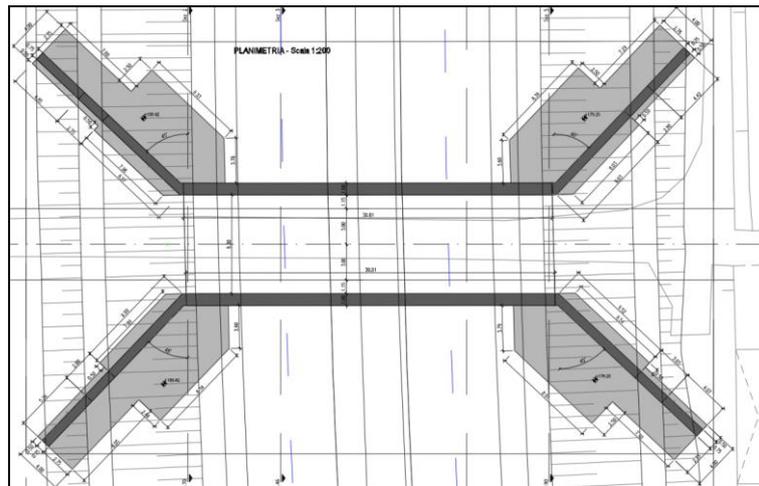
SEZIONE	S _p	H/L _{ar}	L _{un}	n.conci
<u>Deviazione 2</u>	(m)	(m)	(m)	-
Soletta SUP	1,00	10.30	30.68	1
Soletta INF	1,20	10.30	30.68	1
Piedritti	1,00	8.50	30.68	1



PROGETTAZIONE ATI:

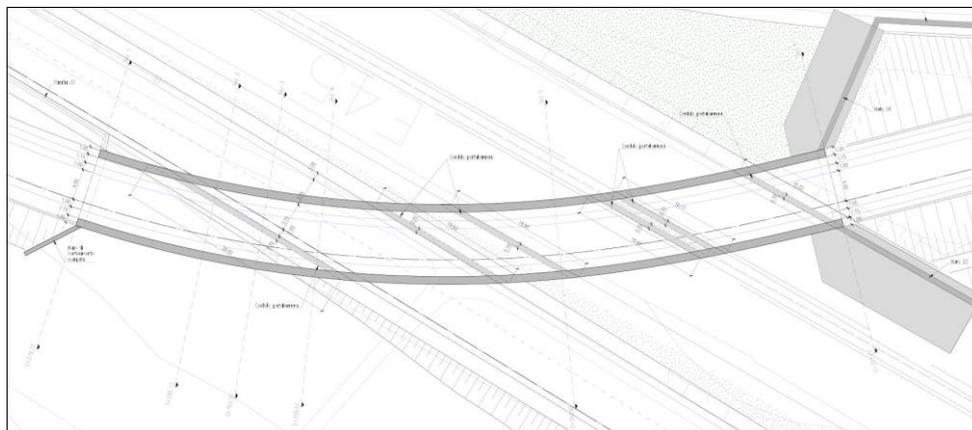
- Sottovia Deviazione 3:

SEZIONE	S _p (m)	H/L _{ar} (m)	L _{un} (m)	n.conci
Deviazione 3				-
Soletta SUP	1,00	10,30	30,81	1
Soletta INF	1,20	10,30	30,81	1
Piedritti	1,00	6,30	30,81	1



- Sottovia Uscita Sud-Est:

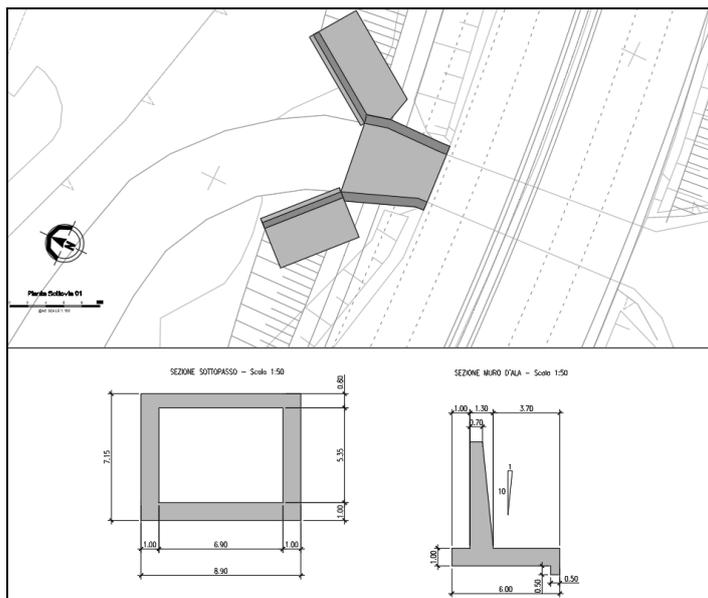
SEZIONE	S _p (m)	L _{ar} (m)	L _{un} (m)	n.conci
Soletta SUP	1,00	10,30	98,27	7
Soletta INF	1,20	10,30	98,27	7
Piedritti	1,00	6,30	98,27	7



PROGETTAZIONE ATI:

- Estensione Collestrada

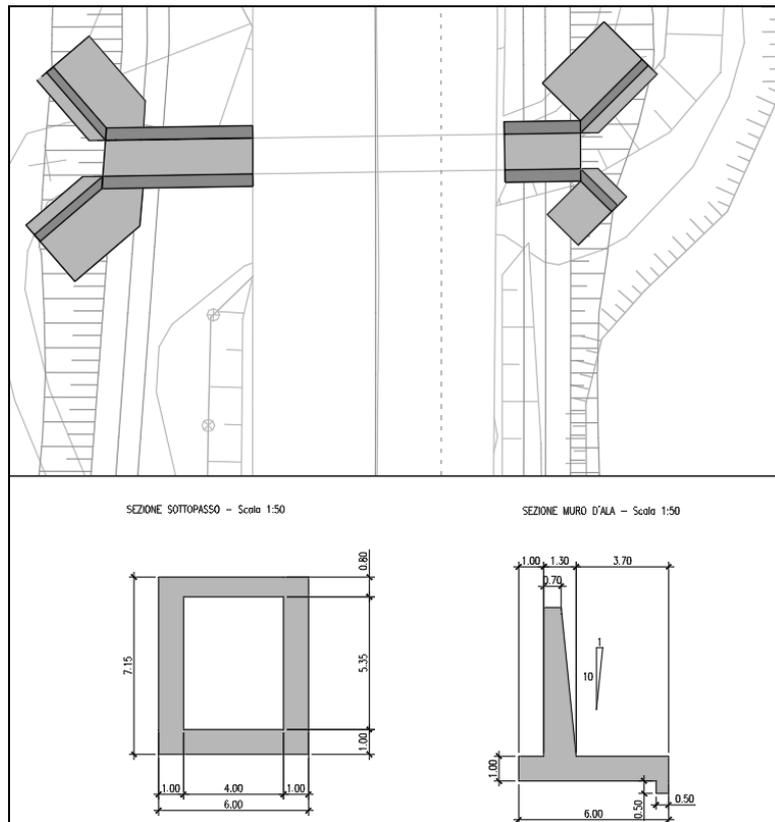
<u>SEZIONE</u>	S _p	H/L _{ar}	L _{un}	n.conci
<u>Collestrada 4</u>	(m)	(m)	(m)	-
Soletta SUP	0,80	Var.	Var.	1
Soletta INF	1,00	Var.	Var.	1
Piedritti	1,00	5.35	98,27	1



- Estensione pk 7+819.370

<u>SEZIONE</u>	S _p	H/L _{ar}	L _{un}	n.conci
<u>Km 7 + 819.370</u>	(m)	(m)	(m)	-
Soletta SUP	0,80	Var.	Var.	2
Soletta INF	1,00	Var.	Var.	2
Piedritti	1,00	5.35	98,27	1

PROGETTAZIONE ATI:



Saranno presenti anche dei cordoli di altezza e larghezza variabile in posizioni di mezzeria (ove necessario, che sorreggeranno le barriere) ed in estremità (per contenere il terreno di riporto).

Sotto l'aspetto dei materiali utilizzati, la progettazione è svolta considerando un calcestruzzo C32/40, ed acciaio B450C. Si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

Di seguito le caratteristiche:

- **Calcestruzzo magro - magrone**

Classe di resistenza minima	C12/15
Classe di esposizione	X0
Rapporto A/C	≤ 0,70
Dimensione max. aggregati	20mm

- **Calcestruzzo per strutture di sottopasso**

Classe di resistenza minima	C32/40
Classe di esposizione	XF2
Classe consistenza	S4
Tipo di cemento	CEM Classe N
Rapporto A/C	≤ 0,55
Dim. max. nominale aggregato	32 mm
Copriferro nominale (EN1992-1-1)	40 mm

- **Acciaio per armature ordinarie**

PROGETTAZIONE ATI:

Tipo	B450C
Tensione caratteristica di snervamento (f_{yk})	$\geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura (f_{tk})	$\geq 540 \text{ N/mm}^2$

5.4. OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO

Gli attraversamenti idraulici nel progetto sono di tipo prefabbricato, divisibili principalmente tombini rettangolari, con dimensioni interne 3x2m, e circolari con diametro del tubo interno 1500mm. I primi sono distribuiti principalmente sull'asse principale, mentre i secondi negli svincoli. Nello svincolo di Collestrada si ha lo sviluppo principale di tali opere date le difficoltà di tipo antropiche e naturali, come la presenza di un elevato numero di strade, luoghi pubblici, opere d'arte (pile viadotti, ferrovia, ecc...) e orografia del territorio.

5.5. OPERE IDRAULICHE

All'interno del progetto, per il mantenimento dell'invarianza idraulica sono state predisposte delle apposite vasche di prima pioggia e di sversamenti accidentali per espiare a tale compito. Nella tabella sottostante si riassumono le caratteristiche delle vasche di prima pioggia.

n.	NOME	Pk.	Superficie bacino impermeabile	Superficie bacino permeabile	Q_{pp}	Q_{50}	D_{part}	V_s	L_{sed}	L_{sv}	b	h	L1	L2	L=(L1+L2)	L vasca
			m ²	m ²	l/s	l/s	mm	cm/s	m	m	m	m	m	m	m	m
1	VPP1	0+268.0	19,337	1,391	109.75	579.00	0.20	1.67	17.34	11.47	2.00	1.70	9.40	8.40	17.80	14.00
2	VPP2	1+815.1	8,899	532	50.33	299.00	0.20	1.67	8.96	11.47	2.00	1.70	7.40	6.40	13.80	12.00
3	VPP3	2+230.3	11,455	671	64.76	385.00	0.20	1.67	11.53	11.47	2.00	1.70	7.40	6.40	13.80	12.00
4	VPP4	2+747.8	23,986	1,507	135.77	762.00	0.20	1.67	22.83	11.47	2.00	1.70	12.40	11.40	23.80	17.00
5	VPP5	3+262.0	14,632	12	81.31	411.00	0.20	1.67	12.31	11.47	2.00	1.70	7.40	6.40	13.80	12.00
6	VPP6	4+016.3	14,404	5,803	89.69	588.00	0.20	1.67	17.61	11.47	2.00	1.70	10.40	9.40	19.80	15.00
7	VPP7	0+00.0	8,834	7,624	61.78	398.00	0.20	1.67	11.92	11.47	2.00	1.70	8.40	7.40	15.80	13.00
8	VPP8	0+179.7	18,615	2,053	106.84	609.00	0.20	1.67	18.24	11.47	2.00	1.70	10.40	9.40	19.80	15.00
9	VPP9	0+222.2	19,967	6,532	121.81	763.00	0.20	1.67	22.86	11.47	2.00	1.70	13.40	12.40	25.80	18.00
10	VPP10	0+198.5	3,694	99	20.69	59.00	0.20	1.67	1.77	11.47	2.00	1.70	7.40	6.40	13.80	12.00
11	VPP11	0+412.4	16,015	341	89.54	429.00	0.20	1.67	12.85	11.47	2.00	1.70	8.40	7.40	15.80	13.00
12	VPP12	0+299.5	11,565	1,220	66.28	394.00	0.20	1.67	11.80	11.47	2.00	1.70	7.40	6.40	13.80	12.00
13	VPP13	7+832.4	21,993	5,380	131.15	840.00	0.20	1.67	25.16	11.47	2.00	1.70	15.40	11.40	26.80	17.00

6. IMPIANTI TECNOLOGICI

Dal punto di vista delle dotazioni impiantistiche il progetto sviluppato comprende vari interventi disgiunti tra loro che risultano localizzati sia in corrispondenza degli svincoli che nella galleria.

In particolare gli interventi previsti possono essere così sommariamente riassunti:

- Impianti di illuminazione rampe di accelerazione e decelerazione svincolo Madonna del Piano con adduzione elettrica indipendente;
- Impianti tecnologici (elettrici, meccanici e speciali) a servizio della Galleria con adduzione elettrica indipendente con fornitura in Media Tensione;
- Impianti di illuminazione rampe di accelerazione e decelerazione svincolo Collestrada con adduzione elettrica indipendente;
- Predisposizione sull'asse principale di impianti in itinere per futura installazione di apparati Smart Road (tubazioni, pozzetti e plinti di fondazione per pali SR).

Si evidenzia che lo scopo di questa parte relazione è quello di fornire una visione sintetica d'insieme delle tipologie e delle caratteristiche principali dei vari impianti, dei criteri progettuali generali e delle leggi e norme considerate.

Per le specificazioni di dettaglio occorre invece riferirsi agli altri elaborati, tavole grafiche e/o relazioni, che fanno parte integrante del presente progetto.

6.1. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli impianti previsti di illuminazione degli svincoli saranno alimentati da forniture di energia elettrica in bassa tensione distinte che saranno fornite dall'Ente Erogatore.

Per ogni singola fornitura relativa agli impianti di illuminazione, subito a valle del punto di consegna dell'energia elettrica sarà installato il relativo quadro elettrico generale di zona che sarà costituito da un armadio in metallo di idonee dimensioni completo di porta frontale trasparente con serratura a chiave.

Sia il contatore di energia elettrica che il quadro elettrico di distribuzione saranno alloggiati all'interno di apposito box di tipo stradale.

L'adduzione fra il quadro elettrico di distribuzione e gli impianti del tratto stradale sarà eseguita tramite tubazioni flessibili corrugate a doppio strato (interno liscio esterno corrugato) avente adeguato diametro ed installate all'interno di apposito scavo.

Lungo la percorrenza delle tubazioni dovranno essere installati appositi pozzetti in cemento armato completi di chiusino.

Per quanto riguarda invece le predisposizioni per i futuri impianti Smart Road, è prevista l'installazione di un sistema di tubazioni costituite da n.2 tubi diametro 110mm e n.1 tritubo da 50mm che saranno installati su entrambi i lati della carreggiata lungo tutto l'itinerario dell'asse principale con l'installazione di adeguati pozzetti rompitratta di dimensioni 60x60cm ubicati ogni circa 150m; inoltre, ad una interdistanza di circa 300m saranno predisposti dei plinti di fondazione per la futura installazione dei pali relativi all'impianto Smart Road ubicati a quinconce su entrambi i lati della carreggiata.

Le linee elettriche di alimentazione degli impianti di illuminazione degli svincoli saranno costituite da cavi in rame tipo FG16(O)R16 classificazione Cca s3, d1, a3 di sezione indicata all'interno degli elaborati grafici di dettaglio.

Gli impianti di illuminazione dei vari tratti stradali saranno realizzati con armature a LED di tipo CUT OFF installati su pali aventi altezza 10 metri f.t. con sbraccio di 2m.

Tutti i pali saranno installati su basamenti in c.a. ubicati sul rilevato lungo le corsie di accelerazione e decelerazione di ingresso/uscita all'asse stradale principale; nel caso di installazione di pali di illuminazione lungo i viadotti, i pali saranno fissati al viadotto tramite apposite staffe a bicchiere in acciaio.

Per l'alimentazione di detti corpi illuminanti saranno eseguiti più circuiti in modo da limitare eventuali disservizi dovuti a guasti o interventi delle protezioni e tutti i singoli circuiti saranno regolati da una centralina funzionante in modalità wireless, interconnessa con l'interruttore crepuscolare, che andranno a dialogare con i relativi sensori punto-punto installati sui singoli corpi illuminanti che consentirà la regolazione del flusso luminoso in relazione alla luminosità dell'ambiente riducendo, così, i consumi e di conseguenza i costi di gestione.

PROGETTAZIONE ATI:

Per quanto riguarda invece gli impianti relativi alla Galleria, saranno previste due forniture di energia in Media Tensione (una all'imbocco della Canna Sud lato Roma e l'altra all'imbocco della canna Nord lato Cesena) che saranno equipaggiate ognuna con due trasformatori M.T./b.t. della potenza rispettivamente di 500KVA e 630KVA (uno di riserva all'altro); gli impianti saranno inoltre interconnessi con un gruppo elettrogeno della potenza rispettivamente di 500KVA (imbocco canna Sud) e 630KVA (imbocco canna Nord) per l'alimentazione di tutti gli impianti previsti in galleria.

Gli impianti di sicurezza, invece, saranno derivati da un gruppo di continuità UPS della potenza di 60KVA autonomia 30 minuti per l'alimentazione delle utenze di sicurezza previsto per entrambe le cabine di distribuzione (uno per impianto).

L'adduzione fra i locali tecnici e la galleria saranno eseguite tramite tubazioni flessibili corrugate a doppio strato (interno liscio esterno corrugato) avente adeguato diametro ed installate all'interno di apposito scavo; lungo la percorrenza delle tubazioni dovranno essere installati appositi pozzetti in cemento armato completi di chiusino in ghisa classe C250.

La distribuzione interna alle gallerie sarà invece principalmente realizzata tramite l'installazione di canalizzazioni in acciaio INOX AISI304 complete di setto separatore interno e coperchio installate su due file in prossimità dei vari corpi illuminanti.

Le canalizzazioni saranno comunque divise per tipologia di impianto; pertanto saranno previste tre canalizzazioni separate delle quali una a servizio degli impianti di illuminazione, sicurezza, segnaletica, ecc., una a servizio degli impianti speciali ed uno a servizio degli impianti di ventilazione. Quest'ultima avrà una percorrenza limitata alla installazione dei ventilatori.

Gli impianti di illuminazione interni ad entrambe le canne (costituiti da illuminazione permanente alimentata parzialmente sia da settore normale che sotto gruppo di continuità UPS ed illuminazione di rinforzo derivata da sola rete normale) saranno tutti di tipo a tecnologia LED ed il loro comando sarà gestito da centrali wireless che ne regoleranno il flusso luminoso in relazione a quanto rilevato dai sensori di luminanza posti all'imbocco delle gallerie.

All'interno della Galleria, saranno altresì previsti tutti gli impianti speciali previsti dalla Guida ANAS 2009 (impianti SOS, impianti di ventilazione interna ai by-pass, impianti luce di sicurezza e di emergenza, impianti di segnaletica luminosa, impianti idrici antincendio, impianti di rilevazione incendi, impianti di radiotrasmissione, impianti di ventilazione, ecc.) nel pieno rispetto di quanto indicato; nelle fornici della galleria saranno invece installati, oltre alle sonde di luminanza per il comando degli impianti di illuminazione, anche pannelli a messaggio variabile da installare a 150m dall'imbocco della galleria, impianti semaforici all'imbocco delle singole fornici ed un sistema di segnalazione di impianto illuminazione guasto anch'esso da installare a 150m dall'imbocco della galleria oltre all'installazione all'interno di entrambe le canne di pannelli a messaggio variabile previsti ad una interdistanza di circa 300m.

Tutti gli impianti previsti nel presente intervento saranno gestiti e controllati mediante il sistema di controllo posto all'interno di ogni locale tecnico il quale dovrà essere interfacciato con il sistema centralizzato remoto previsto presso il centro compartimentale regionale e/o nazionale. Il sistema dovrà gestire il funzionamento degli impianti in modo automatico e con la sorveglianza continua di personale specializzato. In particolare per gli impianti di illuminazione galleria (permanente e rinforzo) il sistema di comando, controllo e gestione di tipo wireless permette, con apposito programma, l'interfacciamento al sistema di controllo centralizzato.

PROGETTAZIONE ATI:

Tutti gli impianti tecnologici previsti all'interno del presente intervento dovranno essere interfacciati con il sistema RMT di ANAS secondo quanto previsto dai seguenti documenti:

- documento "CTII_PLC - rev. 02.00 - del 14/03/2016 - Capitolato tecnico informatico impianti - Specifica dei requisiti per controllore logico programmabile (PLC);
- documento "APP02" - versione 01 - revisione 00 del 31/03/2014 - Capitolato tecnico informatico impianti - Specifica dei requisiti infrastruttura tecnologica (TECH) - requisiti per l'integrazione degli impianti con il sistema di telecontrollo ANAS e modalità operative di riferimento.

A tal proposito si riporta l'architettura generale che il sistema dovrà avere:

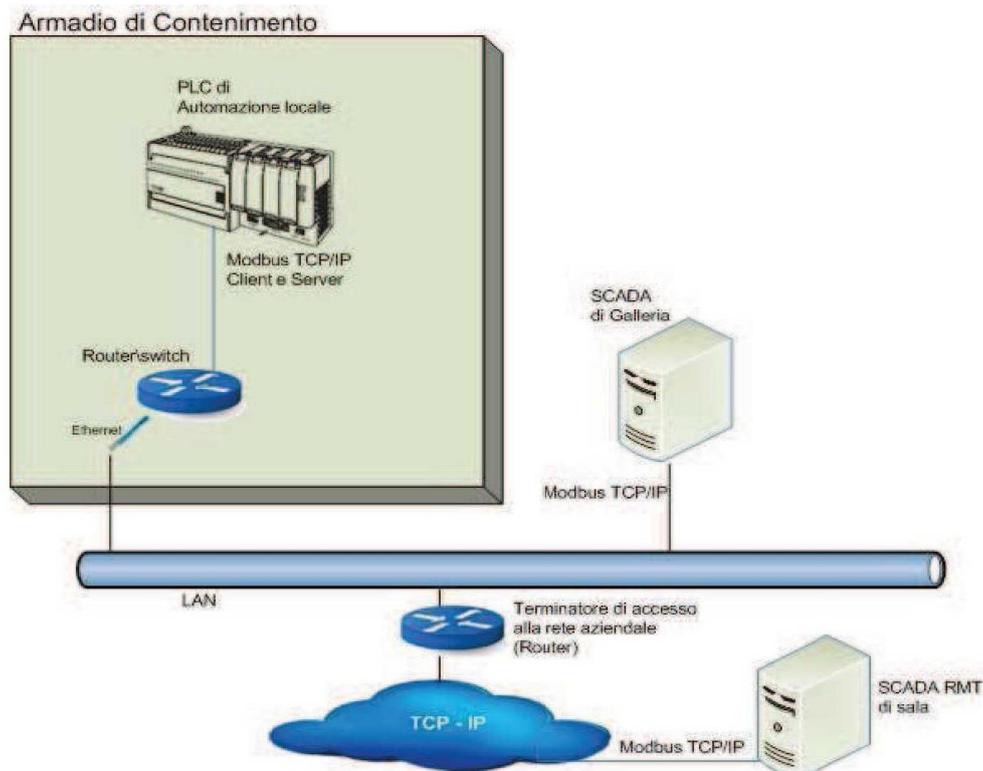


Fig. 1 – Architettura generale del sistema

Si rimanda alla Relazione Tecnica specifica e agli elaborati grafici redatti per l'approfondimento delle tematiche impiantistiche.

6.2. TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI

Gli impianti tecnologici previsti progettualmente sono i seguenti:

- Esecuzione dei quadri elettrici e delle varie adduzioni elettriche per gli impianti da installare all'interno sia della galleria che degli svincoli;
- impianto di illuminazione interno gallerie;
- impianto di ventilazione interno per entrambe le canne della galleria;

PROGETTAZIONE ATI:

- impianto di ventilazione interno by pass galleria;
- impianto antincendio (rete idranti) interno galleria;
- impianto rilevazione incendi in galleria;
- impianto SOS interno alla galleria;
- pannelli a messaggio variabile;
- segnaletica luminosa in galleria;
- impianto semaforico da installare agli imbocchi della galleria;
- impianto di videosorveglianza interno ed esterno alla galleria;
- impianto di illuminazione all'interno degli svincoli;
- predisposizione cavidotti per impianti in itinere;

Per quanto concerne le caratteristiche principali dei vari impianti sopra elencati si precisa quanto segue:

- alimentazioni elettriche principali: impianto Galleria alimentato tramite n.2 cabine elettriche MT/BT (uno ad ogni imbocco) costituita da locali tecnici previsti per la trasformazione MT/BT nonché per l'allocazione di quadri elettrici generali e delle apparecchiature di controllo;
- impianto illuminazione svincoli tramite distribuzione in b.t. da alloggiare all'interno di appositi box prefabbricati per gli impianti di svincolo;
- alimentazioni di emergenza: gli impianti di Galleria saranno derivati da un gruppo elettrogeno avente potenza 500KVA (locale tecnico canna Sud imbocco lato Roma) e 630KVA (locale tecnico canna Nord imbocco lato Cesena), entrambi dimensionati per alimentare l'intero carico rispettivo previsto in caso di mancanza della rete ENEL. Tale soluzione garantisce la massima continuità di servizio dell'impianto.
- Per gli impianti di galleria, per taluni carichi, per i quali non si tollerano nemmeno brevi interruzioni dell'alimentazione (ad esempio centrali di controllo, apparecchi illuminanti di sicurezza,...), sono previste alimentazioni in continuità assoluta tramite adeguati gruppi UPS che risultano essere sufficientemente dimensionati per l'alimentazione delle varie utenze previste (per particolari di maggior dettaglio vedi relazioni specialistiche ed allegati grafici);
- apparecchi di illuminazione per galleria: sono previsti apparecchi illuminanti in acciaio inox in classe II. Essi offrono una maggior resistenza alla corrosione ed alle alte temperature in caso di incendio e minori disservizi per eventuali cedimenti dell'isolamento. Per tutte le gallerie si utilizzano, per l'illuminazione di base (permanente), apparecchi illuminanti simmetrici con lampade a tecnologia LED di potenza unificata mentre, per l'illuminazione di rinforzo si utilizzano apparecchi illuminanti asimmetrici con lampada LED di potenza variabile;
- circuiti di illuminazione permanente in galleria: ogni fornice è provvista di n.4 circuiti di illuminazione indipendenti (due per fila di lampade alternate per metà galleria ed altri due per fila di lampade per l'altra metà), alimentati due da settore rete normale e due in continuità assoluta. La soluzione proposta, per la continuità di servizio offerta, senza dubbio garantisce un ottimo livello di sicurezza dell'impianto ed asseconda totalmente, in rapporto alla sicurezza, le linee guida ANAS del dicembre 2009;
- circuiti di illuminazione rinforzo in galleria: ogni fornice è stata provvista di quattro circuiti di illuminazione indipendenti (e, comunque, fra loro alternati) alimentati da settore rete preferenziale;

PROGETTAZIONE ATI:

- sistema di regolazione flusso luminoso: saranno del tipo wireless e saranno previsti per tutti gli impianti di illuminazione (sia rinforzo che permanente) più quelli per ogni svincolo. Detti regolatori saranno installati all'interno dei rispettivi quadri elettrici di alimentazione;
- circuiti di illuminazione di sicurezza: nella Galleria viene previsto un impianto di illuminazione di sicurezza, derivato da continuità assoluta, costituito da picchetti luminosi a led da installare lungo il profilo interno della galleria ad una interdistanza fissa comprensivi di accessori di giunzione ed alimentatori (i led saranno alimentati a 24V) che saranno installati sia a destra che a sinistra della carreggiata di ogni canna; detti picchetti illumineranno il camminamento per tutta la lunghezza delle singole fornici garantendo un illuminamento medio di 5 Lux (minimo di 2 Lux) come richiesto dalle linee guida ANAS del dicembre 2009.
- Impianto di ventilazione interna alla galleria (per ogni canna) ed impianto di sovrappressione interna ai by pass presenti all'interno della galleria, derivati tutti da settore preferenziale sotto gruppo elettrogeno.
- Impianto antincendio ad acqua pressurizzata: lungo le fornici della Galleria sarà installato un impianto antincendio, il quale farà capo ad un'apposita centrale ubicata in prossimità dei locali tecnici di cabina imbocco canna Nord, costituito da una tubazione in PEAD interrata sul lato della corsia di emergenza. Dalla tubazione si staccano cassette ad idrante UNI 45 con passo di circa 150 m, idranti UNI 70 in corrispondenza delle piazzole e degli imbocchi, nonché attacchi motopompa per V.V.F. agli imbocchi. La tubazione in PEAD si chiude ad anello e dovranno far capo alla centrale antincendio prima citata;
- impianto di rilevazione incendi: il progetto prevede di installare all'interno della Galleria un impianto di rilevazione incendi con cavo sensore di tipo fibrolaser che consente l'individuazione puntuale dell'incendio; questo consentirà di predisporre il funzionamento dell'impianto di ventilazione in modo sicuro e appropriato all'evento. Detto impianto farà capo ad un'apposita centrale di rilevazione che sarà installata all'interno dei locali tecnici del fabbricato della cabina;
- Impianto di radiotrasmissione interno alla galleria da installare in entrambe le fornici costituito da cavo da installare sulla volta della galleria e che dovrà far capo ad un sistema di antenna con relativa centrale di controllo e gestione da installare in tutte e due gli imbocchi di galleria;
- Impianto di videosorveglianza interno ed esterno alla galleria costituito da telecamere installate ad interdistanza regolare con telecamere dedicate per le singole aree di sosta; dette telecamere saranno interconnesse o con i quadri RIO previsti all'interno dei by-pass o con degli switch separati da installare all'interno degli armadi SOS e che saranno a loro volta collegati con gli apparati di rete previsti all'interno dei locali tecnologici tramite cavo in fibra ottica;
- Impianti di illuminazione dei tratti stradali eseguiti con armature tipo CUT-OFF per eliminare l'abbagliamento verso l'alto complete di lampade a tecnologia LED classe di isolamento II di potenza variabile in relazione alla conformazione del tratto stradale da illuminare e di controllore punto-punto per permettere il dialogo fra il singolo corpo illuminante e la relativa centralina wireless; ogni corpo illuminante sarà posizionato su pali in acciaio zincato aventi altezza fuori terra pari a 10 metri con sbraccio di 2m.
- materiali utilizzati in galleria: è stato privilegiato, per tutte le gallerie, il ricorso ad apparecchiature e strutture a servizio degli impianti in acciaio inossidabile AISI 304 evitando quindi l'uso di acciaio zincato e/o verniciato;
- cassette di derivazione in galleria: le cassette di derivazione previste per i circuiti "ordinari" sono, a seconda del tipo di installazione, in acciaio inox, in alluminio o in materiale termoindurente ed hanno un grado di protezione idoneo. Invece, per i circuiti di

sicurezza, laddove le modalità di posa non garantiscano una protezione intrinseca adeguata, le cassette di derivazione saranno di tipo resistente al fuoco;

- alimentazioni elettriche principali: impianto tratto stradale alimentato tramite distribuzione in b.t. da alloggiare all'interno di armadio stradale in vetroresina;
- sistema di regolazione flusso luminoso: saranno del tipo funzionante in modalità wireless. Detto regolatore sarà installato all'interno del quadro elettrico per ogni circuito in partenza.

6.3. CRITERI PROGETTUALI GENERALI

La complessità, la capillarità, l'eterogeneità, l'affidabilità, la stabilità, degli impianti tecnologici nelle varie situazioni operative richiedono un'attenta valutazione dei criteri guida da porre alla base della loro progettazione. Perciò, per quanto possibile, nel progetto si sono privilegiate quelle configurazioni e quelle dotazioni impiantistiche che consentano, con maggior efficacia ed efficienza, il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- elevato livello di affidabilità: oltre all'adozione di componenti di qualità caratterizzati da un alto grado di sicurezza intrinseca e robustezza, sono state individuate delle architetture di impianto in grado di far fronte a situazioni di emergenza in caso di guasto o di fuori servizio di componenti o di sezioni d'impianto, con tempi di ripristino del servizio limitati;
- manutenibilità: l'omogeneità degli impianti rende di fatto la manutenzione semplice ed economica. Inoltre, la collocazione delle apparecchiature consente di effettuare la manutenzione ordinaria degli impianti in condizioni di sicurezza;
- selettività di impianto: l'architettura prescelta, caratterizzata da una elevata suddivisione circuitale, assicura che la parte di impianto che viene messa fuori servizio in caso di guasto venga ridotta al minimo;
- sicurezza degli utenti nei confronti di eventuali incidenti o altre emergenze;
- risparmio energetico: l'adozione di regolatori di potenza a servizio degli impianti di illuminazione e l'installazione di corpi illuminanti a led consente di esercire tali impianti in modo ottimale, modificando i livelli di illuminamento in funzione della situazione esterna e dell'orario (giorno e notte) e riducendo i consumi elettrici nella gestione giornaliera degli impianti;
- idoneo grado di confort per gli utenti, ottenuto con una scelta opportuna dei livelli di illuminamento;

6.4. LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Gli impianti sono stati progettati rispettando le norme vigenti in materia. In particolare si è fatto riferimento:

- alle prescrizioni applicabili contenute nelle disposizioni legislative specifiche per la materia
- alle prescrizioni delle Norme UNI UNEL e CEI
- alle direttive ANAS
- alle raccomandazioni AIPCR - PIARC
- alle prescrizioni delle Norme Tecniche ENEL
- alle prescrizioni Telecom

7. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI

PROGETTAZIONE ATI:

Con riferimento all'art. 25, co. 2, lett. g del DPR 207/2010, il PD 2022 è stato sviluppato in ottemperanza alle prescrizioni e raccomandazioni dettate in sede di approvazione del progetto preliminare 2003, approvato con Delibera CIPE 156/2006.

Ai sensi dell'art. 28 del D. Lgs 152/2006, per verifica di ottemperanza si intende l'accertamento, da parte dell'Autorità Competente, dell'avvenuto adempimento da parte dei proponenti delle condizioni ambientali/prescrizioni inserite nei provvedimenti di VIA. A tal fine la Relazione di Ottemperanza, comprensiva degli elaborati illustrativi posti a corredo:

- fornisce i chiarimenti atti a dimostrare la rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento, il rispetto del prescritto livello qualitativo, dei conseguenti costi e dei benefici attesi.
- ha la finalità di esplicitare come le indicazioni e le prescrizioni impartite nel quadro delle procedure approvative e di valutazione ambientale ad oggi espletate siano state assunte a riferimento, e quindi recepite, nella redazione del progetto definitivo di adeguamento in parola.

Costituiscono documenti di ottemperanza a supporto della presente attestazione i seguenti:

- T00IA01GENRE01 Relazione di ottemperanza
- T00IA01GENRE02 Fascicolo dei Pareri
- T00IA01GENRE03 Relazione attestante la rispondenza del progetto definitivo al progetto preliminare ed alle eventuali prescrizioni dettate in sede di approvazione dello stesso
- T00IA01GENPL01 Tavola sinottica
- T00IA01GENSC01 Matrice di ottemperanza
- T00IA01GENPL02 Plano-profilo di confronto

T00IA01GENPL02 Plano-profilo di confronto Pertanto, la documentazione sopra richiamata, facente parte degli elaborati del PD 2022, consente di verificare la rispondenza al progetto preliminare e alle prescrizioni dettate con particolare riferimento alla compatibilità ambientale e alla localizzazione dell'opera.

8. INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E MITIGAZIONE AMBIENTALE

8.1. CRITERI GENERALI DELLE MISURE DI MITIGAZIONE ADOTTATE

I criteri presi in considerazione per la progettazione delle opere di inserimento sono principalmente:

- Le caratteristiche dei suoli, in termini di esposizione, morfologia, edafici e in base all'uso attuale
- L'assetto fondiario, ovvero la definizione della maglia poderale e delle relative sistemazioni idraulico-agrarie prevalenti, dove presenti
- Gli aspetti vegetazionali con riferimento all'attuale uso del suolo per la parte coltivata, alle tipologie vegetazionali riscontrate durante i sopralluoghi e alla vegetazione potenziale
- La produzione di servizi ecosistemici, privilegiando formazioni miste, multispecifiche, disetanee, che possano essere di supporto a processi di rinaturalizzazione di aree manomesse o variamente degradate
- Il consolidamento della vegetazione autoctona, soprattutto nella forma di siepi e filari alberati. La diffusione di queste eco-strutture è infatti una delle misure più utili per favorire lo spostamento e l'alimentazione della fauna (mammiferi, ma soprattutto uccelli e insetti) negli spazi aperti, e per mitigare l'impatto delle infrastrutture stradali. Quelle collocate lungo i corsi d'acqua e le zone umide sono particolarmente utili visto che molte specie animali, compresi gran parte degli uccelli e dei mammiferi citati nell'area di studio, tende a muoversi lungo i

PROGETTAZIONE ATI:

corsi d'acqua e i canali, data l'assenza di altre eco strutture nel mosaico agricolo di pianura. Anche le specie nettariifere sono state tenute in grande considerazione per il supporto fornito agli insetti impollinatori in crescente difficoltà negli agroecosistemi di pianura.

- La qualità complessiva del paesaggio, “*così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni*” (Convenzione Europea del Paesaggio)

L'adozione di modelli di mitigazione che creano sistemi a permeabilità ecologica diffusa poiché nel caso specifico affrontato, significativi livelli di idoneità ambientale e di biodiversità sono stati rilevati anche nei paesaggi rurali marginali di pianura, spesso “vocati” all'espansione urbanistica e infrastrutturale. Le “matrici agricole di pianura”, urbanizzate e non, confermano l'importante ruolo dei paesaggi agricoli nel mantenimento di buoni livelli di permeabilità ecologica del territorio umbro.

8.2. ANALISI DELLA PERCEZIONE VISIVA

La fase di indagine ha preso in considerazione le caratteristiche percettive e gli ambiti visivi principali. In essa il paesaggio è quindi analizzato nella sua complessità ecologica e culturale, attraverso sia lo studio della continuità percettiva che delle specificità visive dell'ambito.

Sono stati ricercati i ricettori visivi, sia statici, quali punti o aree panoramiche (per esempio, siti interessati da frequentazione pubblica), che dinamici, vale a dire strade o altre tipologie di percorso.

Tramite una analisi diretta dell'effettiva intervisibilità lungo il sistema viario (ricettore visivo dinamico), sono stati identificati i tratti di probabile visibilità coincidenti con le intersezioni tra le strade esistenti e la viabilità di progetto, nei tratti stradali nei quali la viabilità esistente si comporta da *ricettore visivo dinamico*. In coincidenza di questi, identificati e graficizzati quindi come ricettori visivi dinamici effettivi, è stata effettuata l'analisi fotografica cui si riferiscono i punti di presa e le relative immagini. Queste visuali sono state oggetto di foto inserimenti, per i quali si rinvia all'elaborato T00IA02GENFO01_A.

8.3. ANALISI DELLE VALENZE AMBIENTALI E ANALISI DEL CONTESTO PAESAGGISTICO

La definizione dell'area del contesto d'intervento e il progetto di mitigazione dell'infrastruttura in oggetto sono stati sviluppati attraverso un insieme di analisi delle componenti più significative del contesto paesaggistico di riferimento. Dall'analisi delle *componenti fisiche elementari* del territorio attraversato scaturisce la definizione del *contesto* del sistema infrastrutturale come chiave interpretativa, utile per comprendere e valutare il ruolo dell'intervento progettuale all'interno di una rete più ampia.

In dettaglio sono state analizzate:

- MORFOLOGIA DEL PAESAGGIO:
 - gli orientamenti dei versanti (esposizione, pendenza, valori altimetrici)
 - il reticolo idrografico esistente
- CONTESTO
 - componenti infrastrutturali-insediative
 - i principali sistemi paesaggistici incontrati, come indicato da PTCP provinciale
 - componenti morfologico-ambientali
 - componenti storico-testimoniali
 - elementi di valore
 - elementi di criticità; rappresentati soprattutto da elementi di frammentazione della continuità ecologica esistente cui si aggiungono le presenza di un metanodotto e di alcune aree deposito materiali

PROGETTAZIONE ATI:

➤ **STRUTTURA DEL PAESAGGIO**

- individuazione delle unità di paesaggio attraversate da PTCP-Perugia
- i principali ecosistemi e scenari da Carta della Natura Regione Umbria
- le tipologie dei fronti predominanti

Nello specifico da Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, struttura paesaggistica provinciale (Capo III) con riferimento all'Art.32-Sistemi paesaggistici, i sistemi di paesaggio intercettati dal tracciato sono di due tipi, *collinare* e *di pianura e valle*. Entrando più in dettaglio, sempre da PTCP le unità di paesaggio attraversate sono: *Basse Colline in Sinistra del Tevere a Sud di Perugia*, *Valle del Tevere a Sud di Perugia* e *Valle Umbra*. Rispetto agli elementi storico testimoniali si segnala la presenza del nucleo storico n.149 Collestrada (ambito SCS), mentre per quelli di valore: le ZSC della Rete Natura 2000 (*IT5210025 Ansa degli Ornari*, *IT5210077 - Bosco del Farnetto di Collestrada*), gli ambiti fluviali soggetti a tutele PTCP per la parte di attraversamento del fiume Tevere, le aree con mosaico agricolo intatto e alcuni edifici di valore storico-architettonico tra cui la scuola primaria di Collestrada.

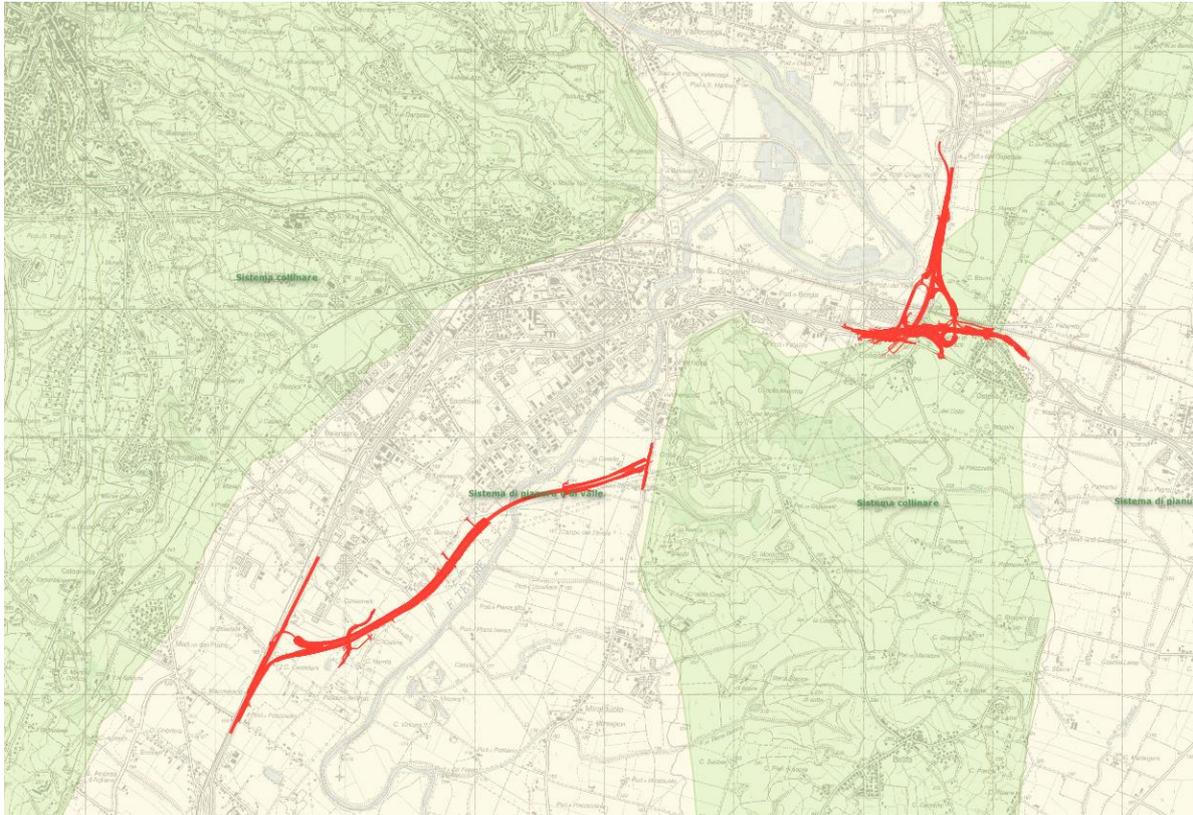


Figura 8.1 – Estratto PTCP- Perugia: individuazione dei sistemi di paesaggio attraversati, in relazione al tracciato

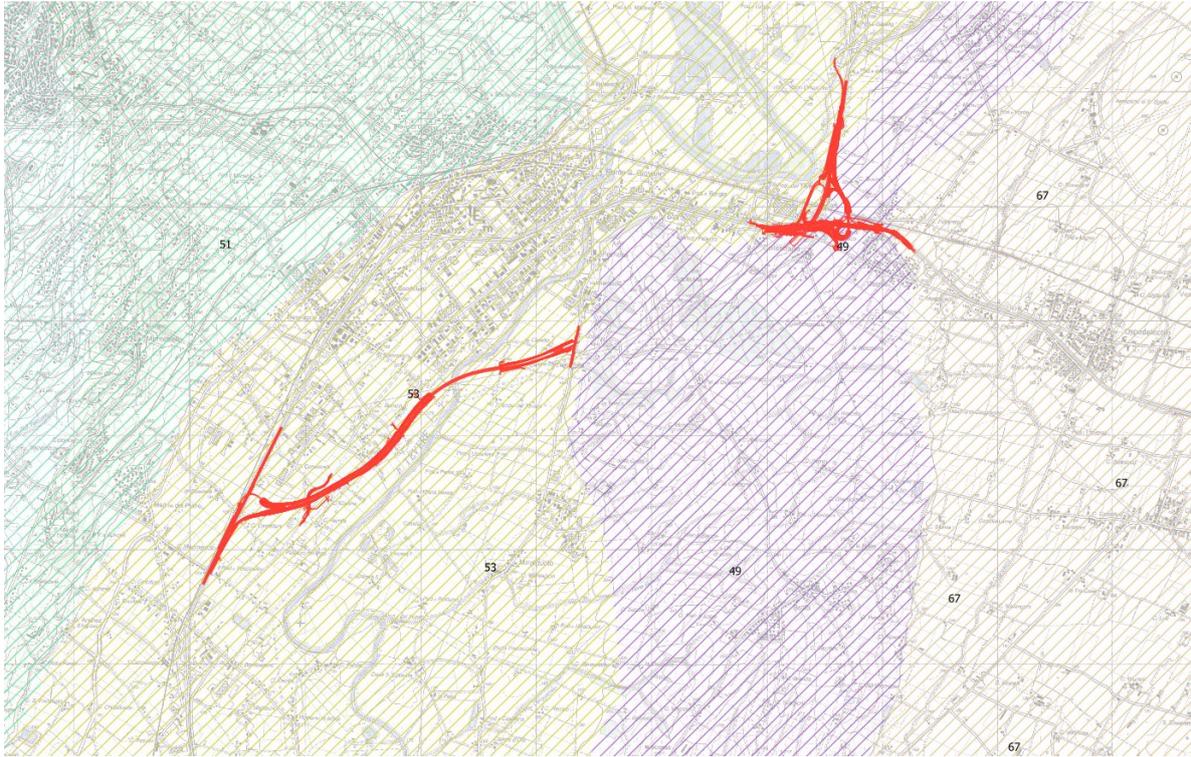


Figura 6.1 – Estratti PTCP- Perugia: individuazione dei sistemi di paesaggio e delle unità di paesaggio attraversati, in relazione al tracciato.

Sulla base delle analisi, precisi ambiti di paesaggio sono stati associati a ciascuna porzione di tracciato:

INQUADRAMENTO TRATTE

- Nodo 1**
 - Comparti industriali attivi
 - Ambiti periurbani
 - Paesaggio ripariale SIC
 - Ambito di transizione agricolo/naturalistico
 - Ambito naturale frammentato
 - Ambito agricolo pedecollinare

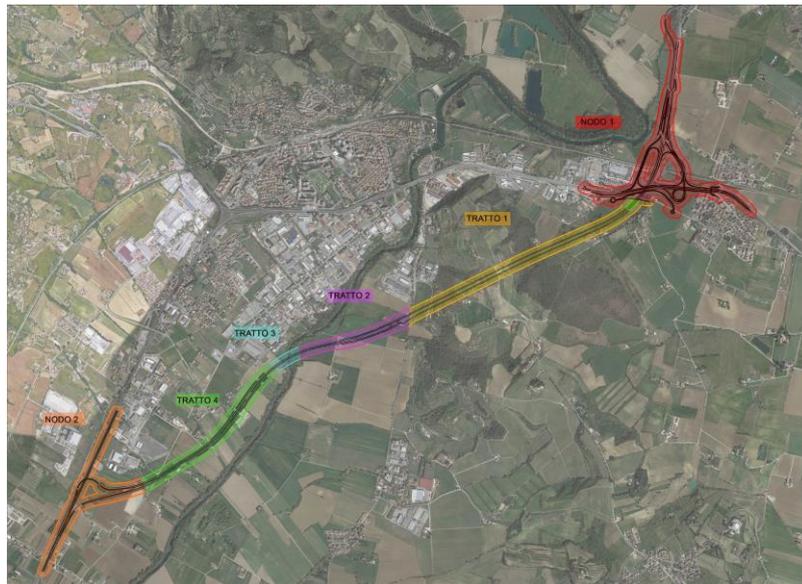
- Tratto 1 - Galleria**
 - Area boscata SIC
 - Ambito paesaggistico di fondovalle e pedecollinare
 - Nuclei forestali isolati
 - Nuclei storici

- Tratto 2**
 - Ambito rurale integro
 - Frange di comparti industriali attivi

- Tratto 3**
 - Corridoio fluviale
 - Fasce ripariale

- Tratto 4**
 - Ambito di transizione agricolo/periurbano
 - Frange di comparti industriali attivi
 - Aree periurbane frammentate

- Nodo 2**
 - Centri abitati in prossimità
 - Ambito rurale di transizione
 - Comparti industriali attivi



NODO 1

PROGETTAZIONE ATI:



1
COMPARTI INDUSTRIALI
ATTIVI AMBITI PERIURBANI



2
PAESAGGIO RIPARIALE SIC
ANSA DEGLI ORNARI
Foreste mediterranee ripariali a pioppo
Vegetazione dei canneti e di specie simili



3
AMBITO DI TRANSIZIONE
AGRICOLA/NATURALISTICO
Colture di tipo estensivo
Seminativo irriguo



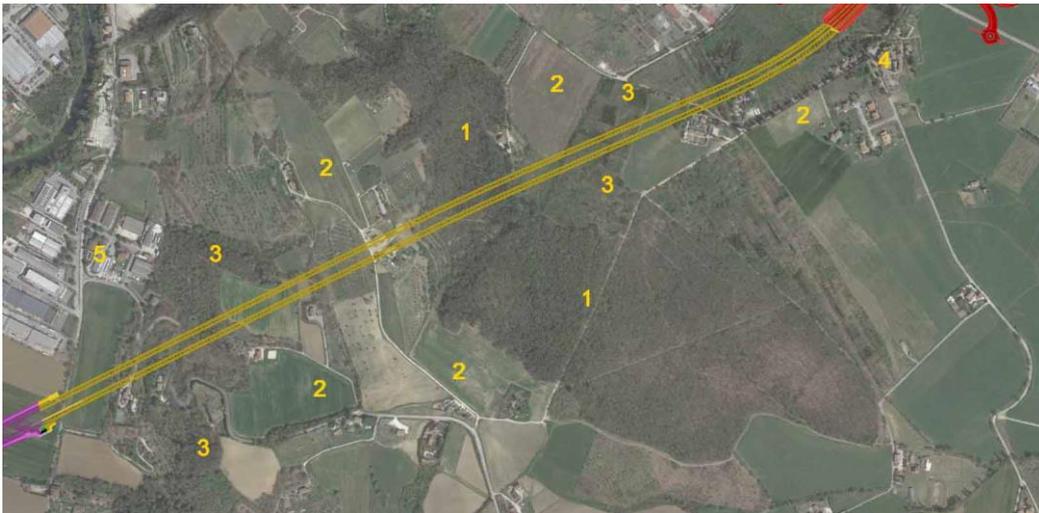
4
AMBITO RURALE
FRAMMENTATO
Colture di tipo estensivo
Seminativo semplice
Seminativo arborato



5
AMBITO AGRICOLO PEDECOLLINARE
Colture di tipo estensivo
Seminativo semplice
Attività agricole specializzate: serre e vivai
Aree boscate



TRATTO 1 – GALLERIA

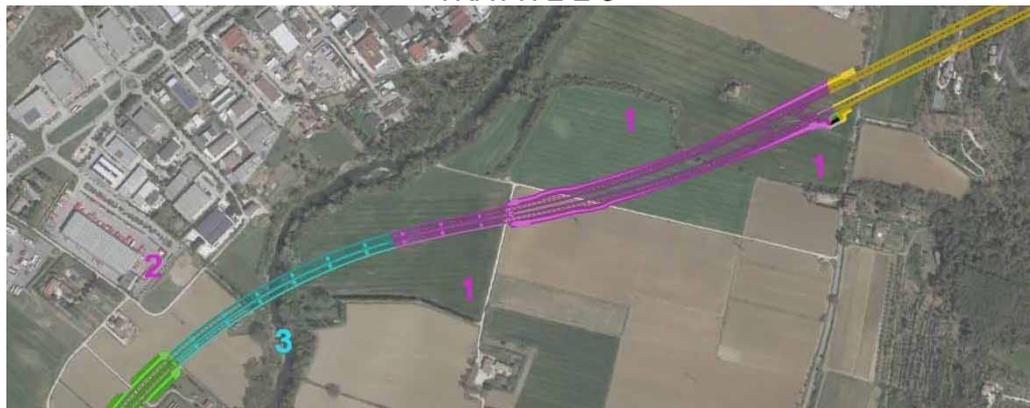


PROGETTAZIONE ATI:

INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO – RELAZIONE TECNICA



TRATTI 2 E 3



TRATTO 4



PROGETTAZIONE ATI:

1
AMBITO DI TRANSIZIONE
AGRICOLA/PERIURBANO
Culture di tipo estensivo
Seminativo semplice

2
FRANGE DI COMPARTI INDUSTRIALI

3
AREE PERIURBANE DI FRANGIA
Foreste mediterranee ripanali o pioppa
Vegetazione dei connetti e di specie simili



NODO 2



1
AMBITO RURALE DI TRANSIZIONE
Culture di tipo estensivo
Seminativo semplice
Orti a pieno campo

2
COMPARTI INDUSTRIALI
ATTIVI



8.4. STRATEGIE PER L'INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE

Le strategie per l'inserimento paesaggistico dell'infrastruttura utilizzano questi ambiti come componente principale alla quale far capo per le azioni di progetto.

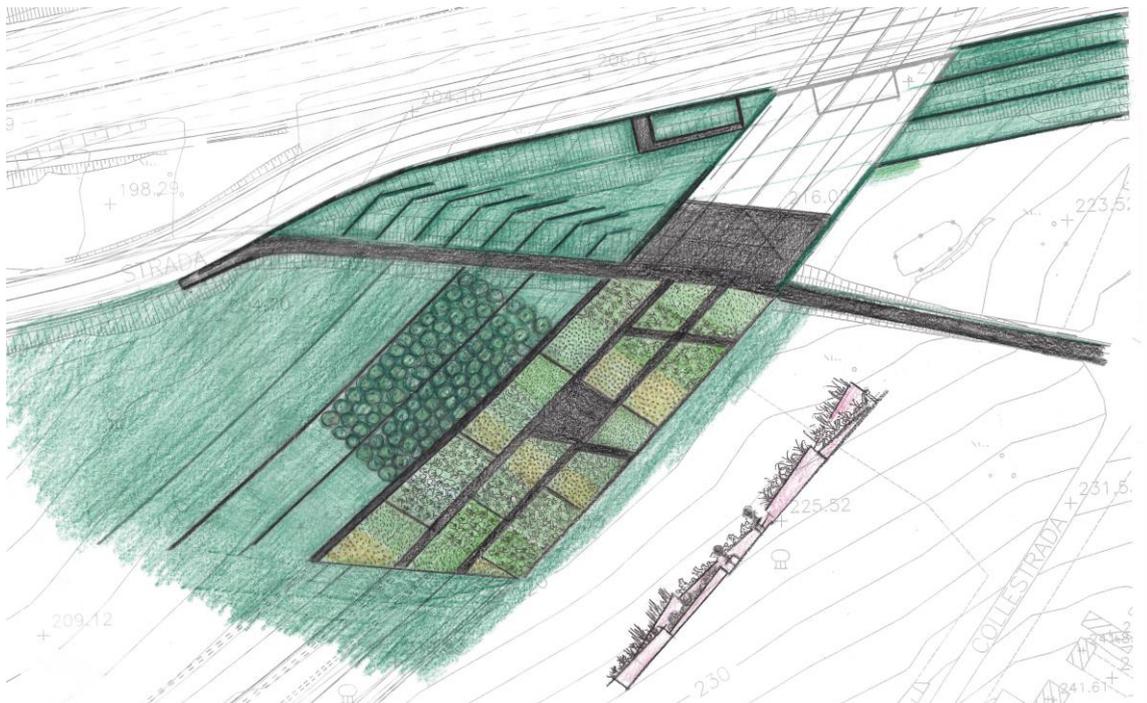
Le STRATEGIA D'INTERVENTO adottate sono:

- STRATEGIA_01 – Valorizzazione dei Nodi
- STRATEGIA_02 – Ricucitura ambiti agrari
- STRATEGIA_03 – Interventi di mitigazione paesaggistica lungo i corridoi infrastrutturali
- STRATEGIA_04 – Rinaturalizzazione dei corsi d'acqua
- STRATEGIA_05 – Interventi di tutela della fauna e della microfauna
- STRATEGIA_06 – Mitigazione degli effetti acustici derivanti dall'infrastruttura
- STRATEGIA_07 – Ripristino aree di cantiere

PROGETTAZIONE ATI:

8.4.1. STR_01 – VALORIZZAZIONE DEI NODI

I nodi di raccordo rappresentano una forte criticità nel contesto paesaggistico di intervento, sono dunque oggetto di particolare attenzione progettuale attraverso un indirizzo strategico mirato alla valorizzazione dei punti nodali tramite opere a verde in dialogo con le trame agrarie o le masse boscate afferenti al tracciato. L'ambito di paesaggio a natura antropica ha determinato le strategie di mitigazione applicate nelle aree urbanizzate, sia dense che discontinue. Qui il progetto di mitigazione lavora sui nodi infrastrutturali prevedendo la loro ricucitura con il contesto attraverso maglie dai sestri regolari, in cui si alternano siepi arboreo-arbustive e filari di specie autoctone, memoria dei sistemi naturali di parcellizzazione del paesaggio agricolo vicino. Lo svincolo a nord-est del tracciato è stato completamente ripensato, secondo un concept d'architettura del paesaggio che lavora per gradienti differenti delle opere a verde: dall'orizzonte libero dei campi a seminativo si passa a una trama precisa e puntuale che ricalca gli allineamenti della matrice agraria storica fino alla composizione densa e articolata disegnante l'imbocco della galleria, pensato come un portale. La visione di chi corre in auto incrocia quella di chi passeggia verso Collestrada. L'architettura del paesaggio pensata per l'imbocco della galleria dello svincolo Collestrada, lavora in continuità con il NODO 1, creando un gradiente vegetazionale diverso, più articolato, capace di riorganizzare più flussi (carrabile, pedonale e ciclabile) e potenziando le connessioni esistenti grazie anche a un giardino urbano a verde pensile, con specie più xeriche, al di sopra della galleria in diretto collegamento con la scuola primaria di Collestrada. Verso il centro commerciale vengono proposte fasce boscate con funzione buffer. Lo stesso sistema delle opere verdi a gradiente viene ricreato nel NODO 2 a Madonna del Piano.



PROGETTAZIONE ATI:



Figura 8.1 – NODO 1 – Svincolo di Collestrada – Concept paesaggistico per il parco urbano sovrastante la gallerie verso Collestrada e del gradiente vegetazionale proposto per l'organizzazione delle opere a verde in prossimità e dentro i nodi



Figura 8.2 – NODO 1 – Svincolo di Collestrada – stralcio della planimetria dedicata alle opere a verde incluse nella STR_01

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 8.3 – NODO 2 – Svincolo di Madonna del Piano – stralcio delle opere a verde riferite alla STR_01

8.4.2. STR_02 – RICUCITURA AMBITI AGRARI

In questo ambito l'obiettivo principale del progetto è ricucire, tramite fasce arboreo-arbustive, la trama agraria esistente, costituita da colture temporanee associate a colture permanente. Gran parte del territorio interessato dalla nuova infrastruttura è caratterizzato da ambito agrario con diffusa presenza di colture permanenti, associate a temporanee. Tali aree possiedono un'importante valenza paesaggistica legata al paesaggio antropico pertanto risultano da tutelare e valorizzare. In presenza di questo ambito, il progetto di inserimento paesaggistico ambientale ne prevede la valorizzazione attraverso un'operazione di ricucitura che ripropone la matrice agraria, tramite masse arbustive e filari arborei, nonché attraverso la scelta di specie arboree ad alta valenza simbolico-rappresentativa del contesto quali ad esempio il noce nero e il nocciolo.



Figura 8.4 – Per le aree interne trattate secondo la STR_02, attraversanti gli ambiti rurali frammentati, il progetto riprende la matrice agricola storica, utilizzando come punto di partenza le mappe del portale Paesaggio nel Tempo dell'anno 1954. A destra, applicazione della STR_02 che tiene conto, nel caso specifico del nodo di Collestrada, dell'atto di ridisegno delle trame agricole storiche.

8.4.3. STR_03 – INTERVENTI DI MITIGAZIONE LUNGO I CORRIDOI INFRASTRUTTURALI

La mitigazione lungo il corridoio infrastrutturale con fasce tampone vegetazionali è presente in punti precisi come all'uscita della galleria nel TRATTO 1-2 e in prossimità dell'area SIC Ansa degli Ornari. All'uscita della galleria, si prevede la messa a dimora nella fascia spartitraffico, di specie meso-termofile quali piccoli alberi (*Acer opulus*, *Fraxinus oxycarpa*) e arbusti, disposti con un andamento graduale decrescente ai margini. Sui margini della trincea ci sarà la messa a dimora di filari arborei di *Quercus petrae* alternato con *Quercus pubescens*, su entrambi i lati, in tutto il tratto in trincea sino al viadotto.



Figura 8.4 – Uscita della galleria nel tratto 2-3 con l'individuazione delle opere a verde afferenti la STR_03

8.4.4. STR_04 - RINATURALIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA

Per i corsi d'acqua si procede per il ripristino o l'integrazione della fascia ripariale tramite fasce arboreo-arbustive composte da *Populus nigra*, *Populus alba*, *Sambucus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Frangula alnus*, *Cornus sanguinea*, *Salix alba*, *Salix cinerea*, *Salix eleagnos*, *Salix purpurea*.



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 8.5 – Tratto 2-3 – Estratto che individua le fasce tampone lungo l'attraversamento del Tevere come STR_04 – Rinaturalizzazione dei corsi d'acqua.

8.4.5. STR_05 – INTERVENTI DI TUTELA DELLA FAUNA E DELLA MICROFAUNA

Oltre al corridoio faunistico, sono utilizzati altri dispositivi per la tutela di fauna e microfauna, quali le barriere anti fauna per evitare l'attraversamento dell'infrastruttura da parte degli animali e una chiara strategia di organizzazione delle opere a verde. All'esterno di aree artificiali più relagate la scelta va verso specie più monospecifiche per evitare di attirare gli animali in zone troppo antropizzate o perturbate. Siepi più complesse, a maggior varietà di specie vengono invece scelte per i corridoi ecologici.

In quest'ottica anche la fascia idrofila tampone viene riproposta nell'area interclusa nello svincolo di Collestrada dandole ulteriore enfasi inserendo anche alberi di prima grandezza. Qui non si stressano le connessioni, in quanto area urbana e perturbata, la via preferenziale per la fauna e la microfauna sarà il corridoio del Tevere, mentre all'interno degli svincoli ci sarà un trattamento più ornamentale che non crea situazioni di spaesamento poiché ben differente dalle aree con una naturalità elevata.

Rientrano in questa strategia anche l'area di compensazione investita a nocciolato, con siepe multispecifica sul lato lungo il viadotto e sul lato Est per favorire lo spostamento della fauna lungo la direttrice N-S e il Rafforzamento della siepe multispecifica lungo il canale a ovest dopo la E45.

8.4.6. STR_06 – MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI ACUSTICI DERIVANTI DELL'INFRASTRUTTURA

In corrispondenza della presenza di recettori sensibili urbani (quali ad esempio aree edificate, architetture isolate, etc.) nelle aree più prossime al tracciato, il progetto di inserimento paesaggistico prevede l'ubicazione di schermature (arboree o arboreo-arbustive) che mirino alla tutela delle valenze percettive del paesaggio di insediamento. Inoltre, si prevede in questi casi l'installazione di barriere antirumore (*STRATEGIA_06 – Mitigazione degli effetti acustici derivanti dall'infrastruttura*), disposte secondo quanto definito dal progetto dedicato all'impatto acustico. Per maggiori dettagli sulle barriere, si rimanda al capitolo specifico di questa relazione.

8.4.7. STR_07 – RIPRISTINO DELLE AREE DI CANTIERE

Viene inoltre individuata una strategia di mitigazione per il recupero delle aree di cantiere.

Tali aree sono oggetto di interventi mirati al ripristino ambientale ed alla restituzione dello stato dei luoghi alle condizioni ante-operam per consentirne il ripristino all'uso agricolo.

In tali aree si attueranno 2 distinte fasi di recupero e ripristino ambientale:

Fase 1

- **Disinstallazione**

Disinstallazione delle aree di cantiere, delle strutture di contenimento delle barriere per la realizzazione dei fossi, degli elementi per la regimazione delle acque e le vasche.

- **Bonifica**

Il terreno verrà ripulito da qualsiasi rifiuto da eventuali sversamenti accidentali e dalla presenza di inerti, conglomerati e qualsiasi materiale estraneo alla sua natura

Ripristino dello stato superficiale del terreno tramite il riutilizzo dello scotico stoccato preliminarmente l'installazione del cantiere

Fase 2

PROGETTAZIONE ATI:

- **Raccordo morfologico e redistribuzione del terreno vegetale accantonato**

- **Ripristino ambito agricolo**

Per i cantieri ricadenti su terreni agricoli si prevede il recupero della funzione originaria. La restituzione dei luoghi avverrà mediante ricollocamento del topsoil precedentemente conservato e successivo inerbimento con semina con miscuglio in ragione di 25-35 g/m² in funzione delle condizioni pedologiche, composto da:

- *Lolium perenne* 25%
- *Festuca arundinacea* 25%
- *Dactylis glomerata* 10%
- *Festuca rubra* 10%
- *Medicago lupulina* 5%
- *Medicago sativa* 5 %
- *Onobrychis viciifolia* 10%
- *Trifolium pratense* 10%

- **Rimboschimento**

Per i cantieri che operano su aree boscate si prevedono operazioni di ricucitura con l'esistente mediante interventi di piantumazione in analogia a quanto previsto per le Opere a Verde.

- **Ripristino fasce ripariali**

Qualora l'installazione di aree di cantiere lungo i corsi d'acqua comporti a fine lavori un danneggiamento delle fasce ripariali, se ne prevede il ripristino mediante interventi in analogia a quanto previsto per le Opere a Verde.

Si rimanda agli elaborati grafici per maggiori dettagli relativi alla collocazione delle aree.

8.5. ABACO DELLE SPECIE DA UTILIZZARE

Le specie previste per i diversi interventi di mitigazione progettati è il risultato di una selezione delle specie autoctone scelte tra quelle maggiormente idonee al contesto territoriale in riferimento alla vegetazione potenziale e oggetto di compensazione. Di seguito si propone l'abaco delle specie previste.

	SIGLIA	NOME SCIENTIFICO	SESTO	ALTEZZA
			m	m
SPECIE ARBOREE	AO	<i>Acer opalus subsp. Obtusatum</i>	6	15
	AG	<i>Alnus glutinosa</i>	7	12
	CA	<i>Corylus avellana</i>	5	5
	CS	<i>Cupressus sempervirens</i>	5	12
	FA	<i>Fraxinus angustifolia</i>	7	15
	JN	<i>Juglans nigra</i>	10	25
	OC	<i>Ostrya carpinifolia</i>	7	14
	PA	<i>Populus alba</i>	8	25
	PN	<i>Populus nigra</i>	8	25
	PV	<i>Prunus avium</i>	8	18

PROGETTAZIONE ATI:

	QC	<i>Quercus cerris</i>	8	25
	QF	<i>Quercus frainetto</i>	8	20
	QP	<i>Quercus petraea</i>	8	25
	SA	<i>Salix alba</i>	6	12
	UM	<i>Ulmus minor</i>	8	20
SPECIE ARBUSTIVE	ao	<i>Amelanchier ovalis</i>	2	6
	cs	<i>Cornus sanguinea</i>	2	5
	cl	<i>Crataegus laevigata</i>	2	5
	cy	<i>Cytisus scoparius</i>	1	1
	cf	<i>Cytisus sessilifolius L.</i>	1	1
	ee	<i>Eleagnus ebbingei</i>	2	3
	ea	<i>Erica arborea</i>	2	3
	fa	<i>Frangula alnus</i>	2	4
	jc	<i>Juniperus communis</i>	2	5
	jo	<i>Juniperus oxycedrus</i>	2	5
	lv	<i>Ligustrum vulgare</i>	3	5
	pl	<i>Pistacia lentiscus</i>	2	3
	ps	<i>Prunus spinosa</i>	3	6
	rp	<i>Rosa pimpinellifolia</i>	1	2
	ro	<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	1,5
	sc	<i>Salix cinerea</i>	3	6
	se	<i>Salix eleagnos</i>	3	6
	sp	<i>Salix purpurea</i>	3	6
sb	<i>Sambucus ebulus</i>	3	5	
sn	<i>Sambucus nigra</i>	3	5	

8.6. ALTRI INTERVENTI DI MITIGAZIONE

8.6.1. OPERE D'ARTE

Il progetto di inserimento prevede uno studio e una restituzione attenta a quegli ambiti particolari derivanti dall'analisi del contesto per favorire un corretto inserimento. Nello specifico gli ambiti di maggior tutela e che allo stesso tempo presentano opere d'arte di rilievo sono di seguito elencati:

- Viadotto sul Fiume Tevere
- Imbocco Galleria Sud (Miralduolo - Torgiano)
- Imbocco Galleria Nord (Collestrada)
- Barriere Acustiche

Lo studio formale e stilistico di questi elementi approfondisce la compatibilità con il contesto paesaggistico e, valutando aspetti linguistici e formali sia naturali che antropici, individua diverse tipologie di materiali utilizzati, di volta in volta impiegati nei diversi ambiti per massimizzare la compatibilità degli interventi. I materiali individuati e le loro caratteristiche sono di seguito sinteticamente riportate e successivamente trattate nei successivi sotto capitoli.

PROGETTAZIONE ATI:

Pietra Naturale

L'utilizzo della pietra naturale, principalmente individuata per le opere di sostegno (muri e muretti), consente di smorzare l'impatto conferendo un aspetto dal carattere naturale ai manufatti e rendere gradevole l'inserimento. Tale rivestimento dove possibile ovvero in situazioni strutturalmente compatibili con il tipo di tecnologia, viene utilizzato con gabbionatura o simile effetto con maglia metallica, come da foto di riferimento qui inserita che rappresenta alcune opere di sostegno oggi presenti lungo la Strada Ospedalone a Collestrada. Ove non possibile si procederà con un rivestimento in pietra naturale facciavista con effetto semisecco (ad esempio i smuri si sostegno dell'imbocco galleria sud). La pietra dovrà essere di tipo locale, individuata nello sviluppo del progetto esecutivo. Dal punto di vista formale e linguistico la pietra è scelta come elemento di unione tra i caratteri naturali e i caratteri antropici ritrovabili nel frequente utilizzo per le architetture storiche locali.



Figura – Muri esistenti lungo la Strada Ospedalone

Lamiera Metallica Verniciata

Il secondo materiale individuato per trattare le opere architettoniche è l'acciaio verniciato. Tale materiale ha numerosi pregi, di tipo tecnico ed estetico.

Dal punto di vista tecnico si possono indicare una elevatissima durabilità e la possibilità di mantenere inalterate le sue caratteristiche prestazionali ed estetiche senza necessità di una particolare manutenzione.

Dal punto di vista cromatico si prevedono tonalità nella gamma del verde, con utilizzo di gradienti per sottolineare transizioni (dal più chiaro al più scuro per le barriere acustiche in ingresso della galleria lato nord – Collestrada) e diversi livelli (per il viadotto sul Fiume Tevere un colore più chiaro per i carter di rivestimento e un più scuro per le travi in acciaio).

L'utilizzo del colore verde è scelto in funzione dell'inserimento dei manufatti in un contesto in cui la dominante naturalistica e agricola è molto forte, con una ampissima gamma di verdi che risultano cangianti durante la giornata e con il mutare delle stagioni. In questo senso l'utilizzo di gradienti

PROGETTAZIONE ATI:

diversi dello stesso colore è un espediente per citare questi mutamenti, pur nella coerenza di non voler proporre un vero e proprio camouflage che neghi l'essenza del manufatto architettonico. Un ulteriore rimando è alle acque del Fiume Tevere, la cui presenza come elemento distintivo del paesaggio è sicuramente di grande rilievo.



Figura 9.2 – studio cromatico dei toni del verde con elementi naturali e antropici del paesaggio circostante

Cemento facciavista

Per alcune opere previste in cemento facciavista si indica l'utilizzo di cemento lavato con inerte a vista. È il caso dei manufatti in calcestruzzo armato a vista per gli imbocchi delle gallerie. Tale materiale, mantenendo una coerenza con l'elemento tecnico-infrastrutturale, portando a vista la trama dell'inerte, assume un carattere più vibrante e che meglio si coniuga con l'utilizzo in adiacenza ad elementi composti da pietra naturale.



Figura 9.3 – Dettaglio di calcestruzzi lavati con inerte a vista

PROGETTAZIONE ATI:

8.6.2. VIADOTTO SUL FIUME TEVERE



Il viadotto è composto da impalcati principali in acciaio, verniciato in colore verde scuro, con profili costanti lungo tutto lo sviluppo e pile di forma ellittica senza pulvino, in calcestruzzo armato a vista, così come le spalle di appoggio. Il lato esterno è rivestito con un carter metallico in lamiera metallica microforata verniciata di colore verde chiaro.

L'obiettivo formale è di avere una linea di demarcazione del paesaggio quanto più costante e uniforme possibile, scevra da repentini e poco ordinati cambi di sagoma, escrescenze ed estrusioni di varia natura.

Il carter esterno di rivestimento contribuisce in maniera sostanziale ad incrementare questo effetto di linearità e pulizia delle forme. La sagoma stondata verso il basso è volta ad eliminare o quantomeno mitigare gli effetti di ombre nette, aggiungendo un elemento chiaroscuro che sfuma verso il basso, confondendosi con gli impalcati, lasciando una linea più netta nella parte superiore, dove si staglia nel cielo.

Le pile "a biscotto" infine presentano una sagoma che risulta molto rastremata nella vista laterale, riducendo al minimo gli ingombri visivi trasversalmente all'infrastruttura. L'assenza di spigoli della forma ellittica accentua ulteriormente questo aspetto, conferendo fluidità nella vista che non incontra spigoli sui quali traguardare il rapporto oggetto/sfondo.

PROGETTAZIONE ATI:

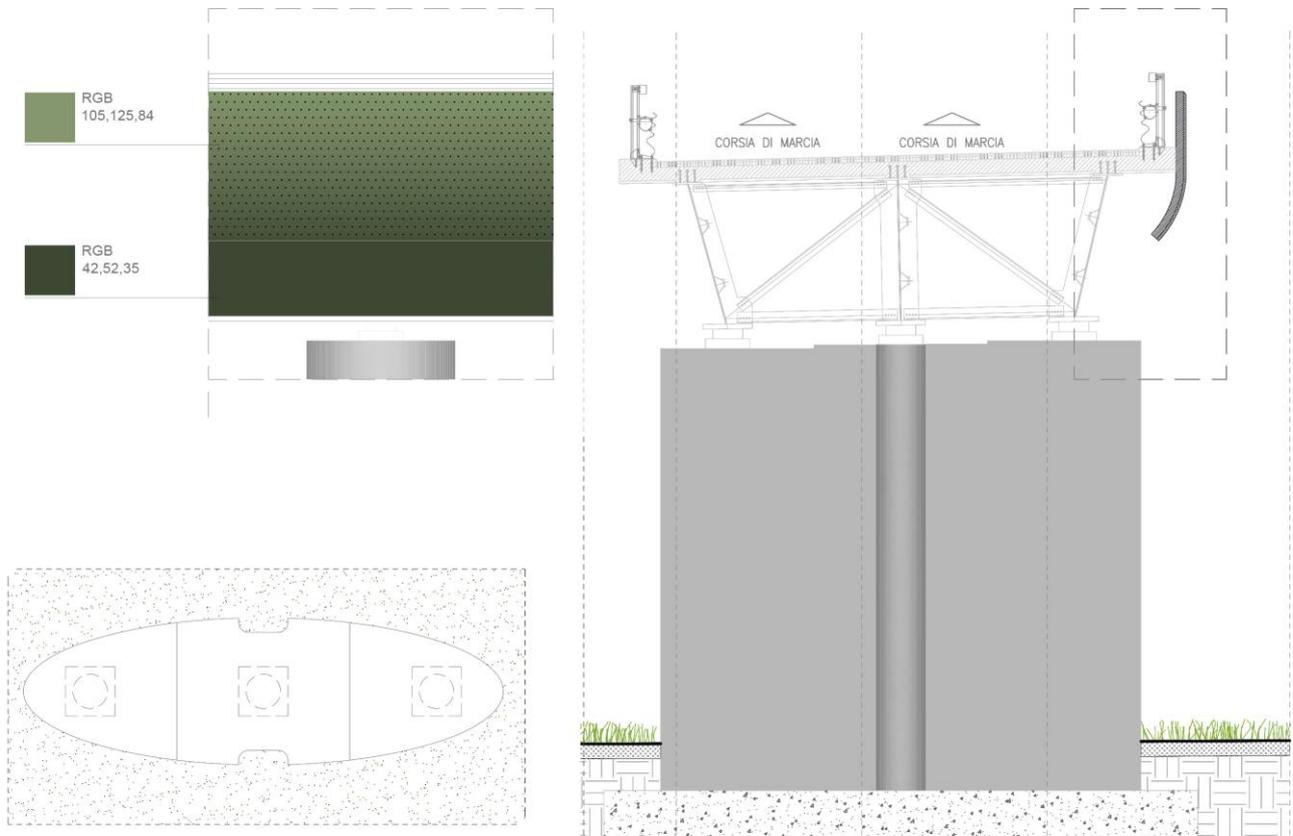


Figura 9.4 – Sezione trasversale del viadotto sul Fiume Tevere

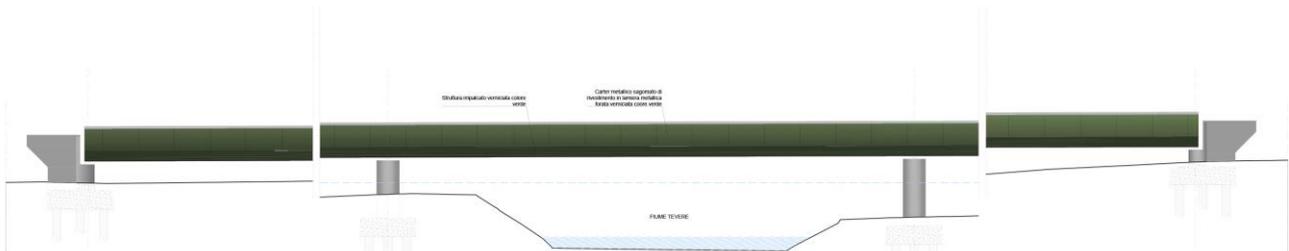


Figura 9.7 – Profilo longitudinale del viadotto sul Fiume Tevere

8.6.3. GALLERIE

Imbocco Sud (Miralduolo – Torgiano)

L'imbocco sud della galleria, in località Miralduolo nel Comune di Torgiano, è caratterizzato da scelte formali molto nette, con l'obiettivo di proporre un manufatto che non banalizzi l'attraversamento di un territorio la cui trama agricola risulta particolarmente rilevante.

L'ingresso avviene in seguito a un breve tratto in trincea, andandosi quasi a "infilare" al di sotto del territorio. Per sottolineare questo aspetto si è optato per avere un taglio planimetrico inclinato per i due forni, asimmetrico, in modo da seguire l'orientamento esistente della SP401, al di sotto della quale avviene l'accesso al tunnel.

PROGETTAZIONE ATI:

Tali elementi asimmetrici e dalle forti linee inclinate sono poi riproposti per le strutture in elevazione: l'architrave e i muri di sostegno.

Il muro di sostegno lato est integra anche la cabina impianti, contribuendo ad ottenere una completezza visiva che non venga rotta dalla presenza di elementi tecnico-impiantistici scarsamente inseriti.

Elemento dominante è poi il raccordo centrale dove tutte le linee di forza confluiscono, generando un prospetto scultoreo e dinamico.

L'architrave e l'elemento centrale sono realizzati in calcestruzzo armato lavato con inerte a vista, mentre i muri di sostegno laterali sono rivestiti in pietra naturale locale con effetto semi spacco.



Figura 9.11 – Imbocco galleria Sud – Schizzo planimetrico di concept preliminare

PROGETTAZIONE ATI:

Imbocco Nord (Collestrada)



L'imbocco Nord in località Collestrada presenta diversi aspetti che sono stati oggetto di attenzione dal punto di vista dell'inserimento paesaggistico. L'ingresso avviene infatti alle pendici di una zona collinare alla cui sommità si trovano la Scuola Primaria di Collestrada e il Borgo Storico di Collestrada. L'area si trova in una zona Rete Natura 2000 ed è caratterizzata da una fitta vegetazione boschiva, anche se la zona direttamente interessata dalle opere di scavo presenta una vegetazione più rada e un impianto incolto con direttrici lineari molto riconoscibili, frutto probabilmente di una passata zona di arboricoltura oggi in stato di incuria. La galleria è infine sormontata dalla Strada Ospedale, mappata nel PTCP come viabilità storica e la cui impronta va preservata.



Figura 9.13 – Veduta a volo di uccello dell'imbocco ovest della galleria ferroviaria esistente

PROGETTAZIONE ATI:

Imbocco

Come per quanto avviene nell'omologo imbocco sud, anche in questo caso si è optato per un lavoro di rifinitura delle linee di forza architettoniche degli imbocchi, in un'ottica di non-banalizzazione del manufatto. Lo stesso approccio ha dunque portato ad avere un taglio planimetrico inclinato e asimmetrico dei due fornic, orientato secondo la viabilità storica della Strada Ospedalone.

Per ulteriormente marcare questo segno forte, le due coperture dei fornic sono aggettanti e rastremate verso l'uscita, supportate da due muri in contropendenza. Per enfatizzare lo slancio dei corpi aggettanti, viene previsto un cartello metallico che possa estendere la portata dell'oggetto, ulteriormente rastremando la parte terminale delle coperture, come si può apprezzare nella sezione longitudinale al successivo paragrafo che illustra anche la conformazione delle barriere acustiche presenti in questo imbocco.

Copertura

La copertura del primo tratto della galleria verrà rintombata, raccordando la nuova quota della copertura (resa necessaria dai vincoli del progetto stradale) alla quota del terreno esistente che, verso ovest, risulta inferiore e pertanto si procederà con la creazione di un terrazzamento artificiale profondo circa 10 metri. Tale balza servirà come area per ricucire e schermare con nuove alberature la trama esistente, ben riconoscibile e organizzata dalla ripetizione di filari paralleli.

La copertura del manufatto invece, per la quale si prevede una quota di circa 1 metro di rinterro, viene rivegetata con essenze arbustive la cui disposizione planimetrica ricalca quella esistente.

Strada Ospedalone e sistemazioni adiacenti

La nuova quota di progetto della copertura della galleria comporta anche un nuovo profilo altimetrico della Strada Ospedalone. Per contenere l'inclinazione della tratta, che diventa unicamente pedonale (il collegamento carrabile e ciclabile sono garantiti da una strada di nuova realizzazione ai piedi di Collestrada), si è proceduto a prevedere una via gradinata, vicina ai caratteri storici e morfologici dei borghi del centro Italia. Tale via si compone di gradoni il cui passo in mezzera è di 115cm, l'alzata è 11 cm e inclinata al 10,5%, incrementando il dislivello di ulteriori 12 cm tra un gradone e l'altro.

I gradoni sono bordati da una cordatura in pietra naturale e la pedata, antisdrucchiolo, è in materiale cementizio di tipo lavato con inerte a vista.

Ai margini della nuova via gradinata si sviluppano terrazzamenti di raccordo dei dislivelli, piantumati e inerbati come meglio approfondito negli elaborati specifici delle opere a verde. Tali terrazzamenti, presenti in maniera diversa ai due lati della via, sono realizzati con muretti in pietra a secco con gabbie di rete metallica, come la tipologia già presente in loco e precedentemente illustrata in apertura generale del paragrafo e contribuiscono a segnare delle nuove linee di forza del versante, generandosi a partire in maniera coerente con gli allineamenti più rigorosi della nuova via gradinata e dei tagli obliqui dell'imbocco della galleria.

Alla base del pendio è presente un muro di contenimento rivestito in pietra naturale che costeggia la nuova via carrabile e ciclabile di collegamento. Lungo tale muro è integrata, come avviene per l'imbocco sud, la cabina impianti.

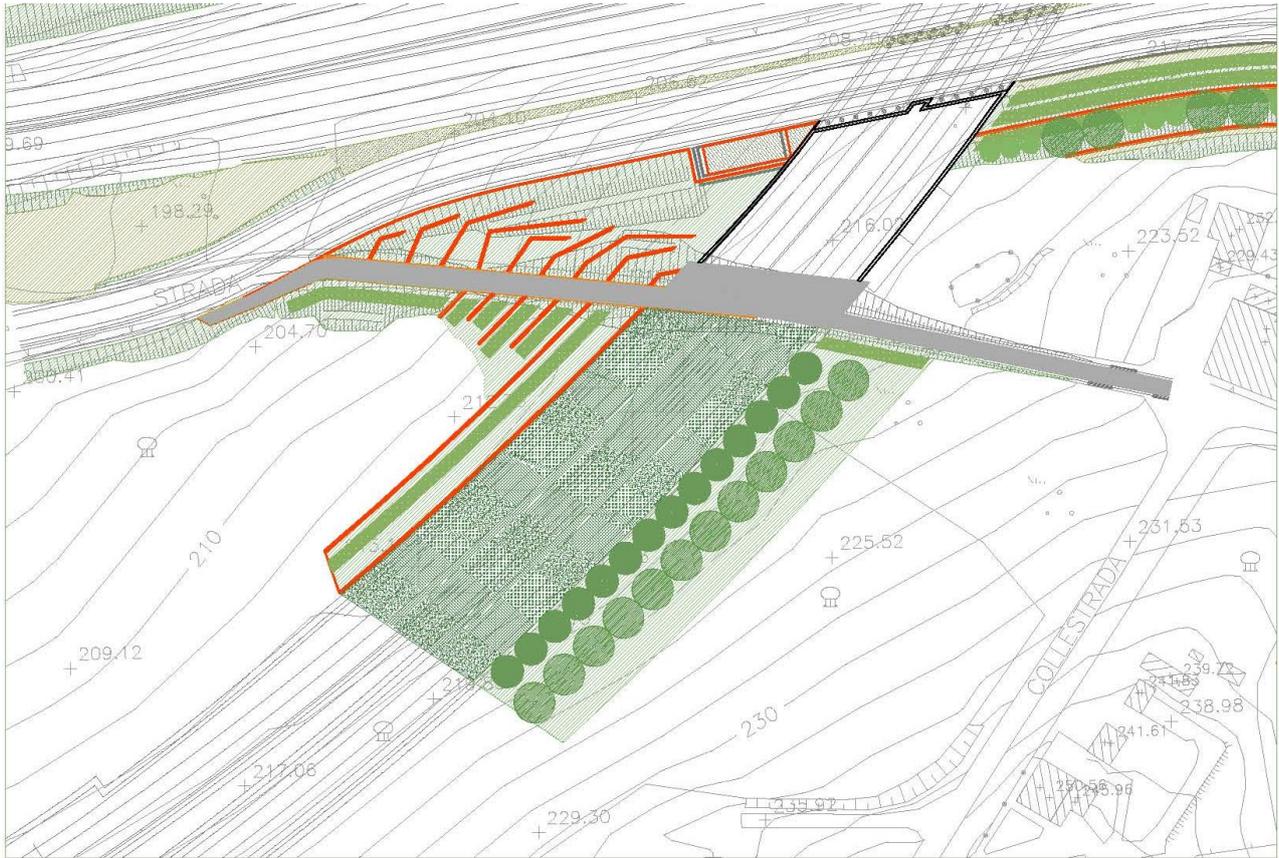
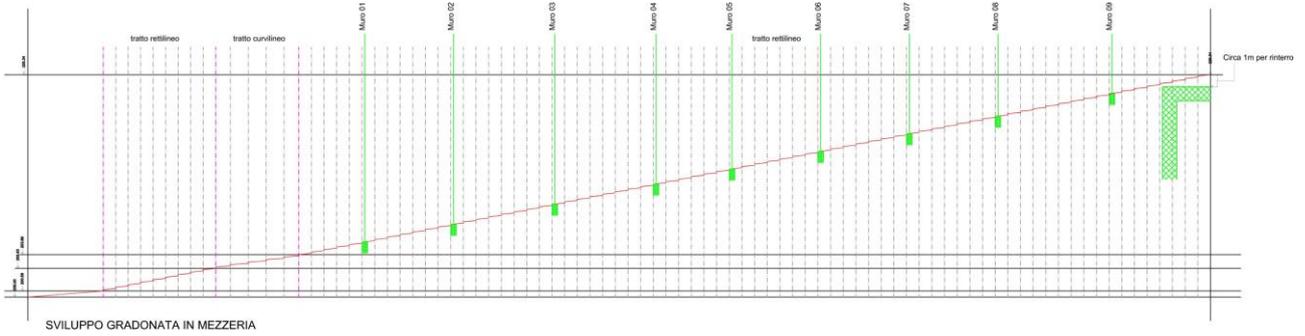


Figura 5 – Planimetria schematica della copertura dell'imbocco Nord della galleria



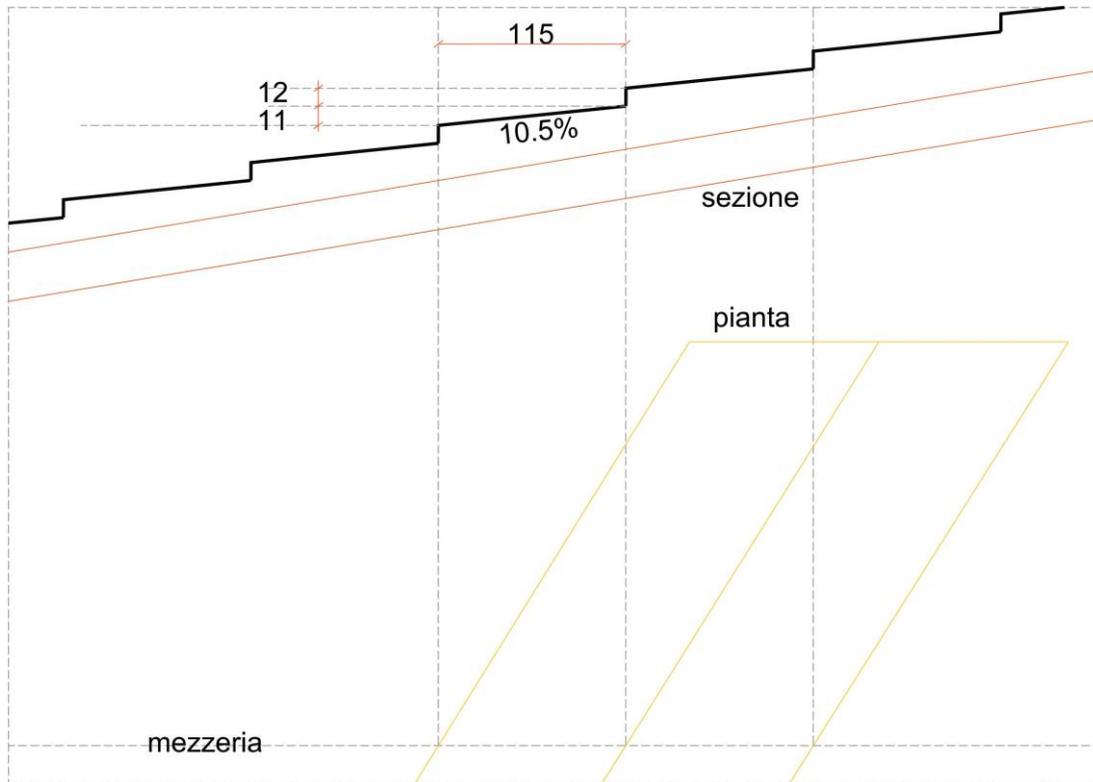


Figura 6 – Profilo altimetrico e sezione tipo della nuova via gradinata

8.6.4. BARRIERE ACUSTICHE

Dallo studio acustico condotto, la protezione dei recettori sarà effettuata predisponendo sul bordo della strada, lato recettore, una serie di barriere acustiche fonoassorbenti di tipo standard, le caratteristiche dimensionali e la loro distribuzione sono riportate nell'elaborato specialistico.

Le barriere saranno di tipo opaco realizzate in acciaio zincato verniciato, in conformità con quanto enunciato nello studio dei colori (gamma dei verdi).

Come si evince dagli elaborati specialistici, la distribuzione planimetrica e lo sviluppo delle barriere acustiche non va a costituire un "sistema" autonomo di nuovi segni, ma, specialmente nell'area più sensibile dell'imbocco nord della galleria, si integra per forme e colori in un progetto coordinato, in modo da risultare poco impattante dal punto di vista paesaggistico e panoramico.

Svincolo Madonna del Piano

Una prima barriera è prevista in prossimità dello svincolo Madonna del Piano, verso il ricettore 1005 (si vedano specifici elaborati acustici).

Tale barriera si rende necessaria per la prossimità del ricettore all'opera ed è costituita da una barriera opaca, posta in sommità al muro di contenimento. Tale barriera è lunga 140m e alta 5.

Oltre all'inserimento cromatico come già descritto in apertura di paragrafo, per questa barriera è prevista una mitigazione di tipo arboreo con un filare di cipressi. Il posizionamento a nord del ricettore (e a nord del filare) non causa problemi di irraggiamento solare né al ricettore né al filare di nuovo impianto.

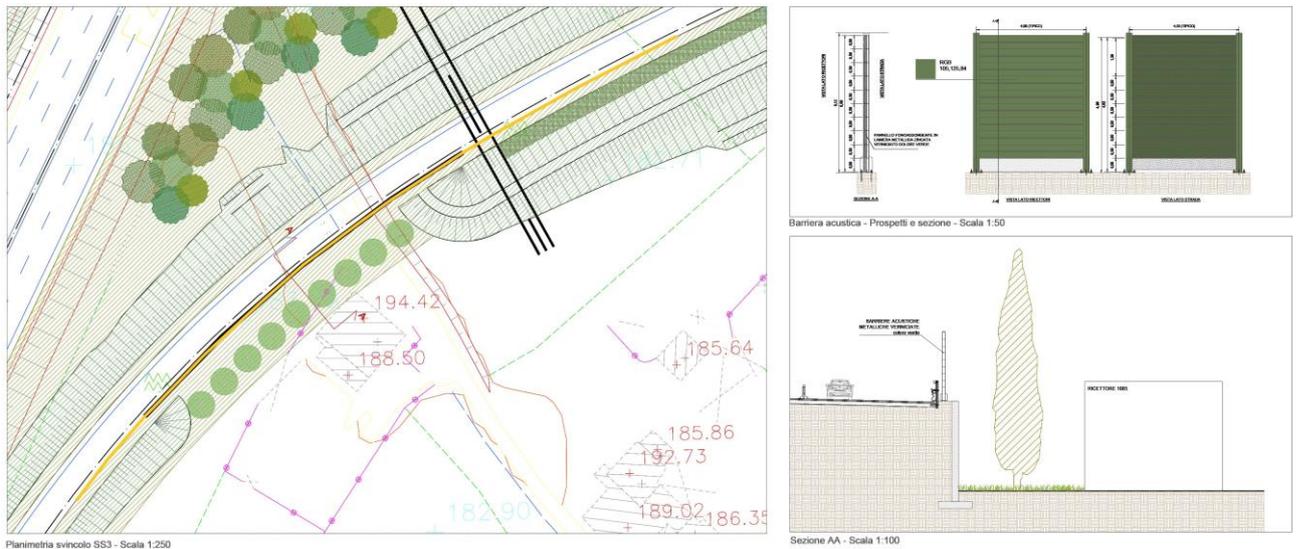


Figura 9.19 – Planimetria e sezione tipo della barriera acustica in prossimità del ricettore 1005

Imbocco Nord galleria Collestrada

In prossimità dell'imbocco nord della galleria a Collestrada si rendono necessari interventi di mitigazione acustica relativamente alla vicina Scuola Primaria. Gli interventi sono individuati in due diverse soluzioni accoppiate: una barriera acustica alta 5 metri e lunga 50 metri oltre il limite della galleria; il rivestimento con pannelli acustici a soffitto e a parete nei primi 20 metri del tratto in galleria.

Per meglio integrare questi elementi si è proceduto a proporre una sagomatura del muro di uscita dalla galleria con una linea inclinata decrescente, in contropendenza rispetto all'inclinata della copertura. Alla fine di tale muro, rivestito con pannelli acustici, si sviluppa poi la barriera rettilinea in acciaio zincato verniciato.

Ulteriore elemento di integrazione dei due diversi elementi accostati è dato dallo studio cromatico che prevede una gradazione dei toni del verde, da più chiaro a più scuro entrando in galleria, in accordo con quanto enunciato nel precedente paragrafo sulla definizione delle coloriture degli elementi metallici.

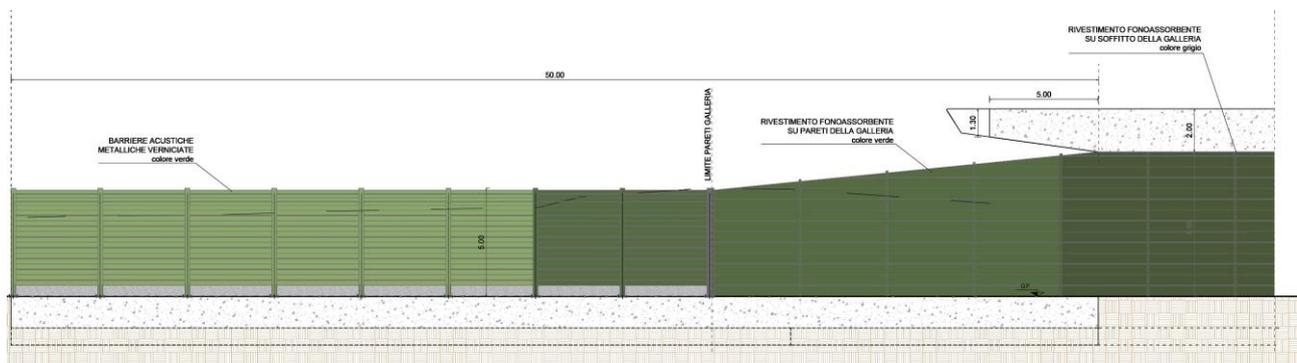


Figura 9.19 – Sezione longitudinale dell'imbocco nord della galleria con evidenziata la presenza di elementi acustici.



Figura 9.19 – Immagine di riferimento per barriere antirumore in lamiera zincata verniciata

9. VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO

9.1. VALUTAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ANTE-OPERAM

Nell'ambito della Progettazione Definitiva delle opere per la realizzazione dei lavori per la E45 - SISTEMAZIONE STRADALE DEL NODO DI PERUGIA - TRATTO MADONNA DEL PIANO - COLLESTRADA, sono stati effettuati una serie di rilievi ambientali per la verifica dello stato di fatto di alcune componenti ambientali significative, in particolare della componente rumore.

La strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle misure fonometriche è conforme agli standard prescritti dall'articolo 2 del D.M. 16.03.98: "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*".

I sistemi di misura soddisfano le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. I fonometri utilizzati per le misure di livello equivalente sono conformi alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. La risposta in frequenza della catena di registrazione utilizzata è conforme a quella richiesta per la classe 1 della EN 60651/1994 e la dinamica è adeguata al fenomeno in esame. I filtri e i microfoni utilizzati per le misure sono conformi, rispettivamente, alle norme EN 61260/1995 (IEC 1260) e EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/ 1995, EN 61094-4/1995. I calibratori sono conformi alle norme CEI 29-4. La

PROGETTAZIONE ATI:

calibrazione è stata effettuata prima e dopo ogni ciclo di misura: lo scostamento è risultato conforme in quanto contenuto entro 0,5 dB. Nello studio acustico è stata valutata l'incertezza di misura. I periodi caratterizzati da condizioni metereologiche non conformi (velocità del vento > 5 m/s e presenza di precipitazioni), sono stati mascherati.

Nei giorni dal 26/07/22 al 02/08/22 è stata eseguita una campagna di misure di clima acustico ante operam al fine di determinare i livelli attuali.



Punti di misura

I risultati della campagna di misure sono riportati nel documento “Rapporto di misura per i rilievi acustici”.

Livelli medi sul TR dB(A)	
TR notturno	44,8
TR diurno	46,5

Livelli medi sul TR dB(A)	
TR notturno	39,6
TR diurno	37,6

Ubicazione	Perugia		
Tipo dati	Leq		
Pesatura	A		
Unit	dB		
Inizio	26/07/2022 11:15:43:000		
Fine	02/08/2022 08:45:53:000		
Periodo	TR giorno (Lgg)		
Intervallo temporale	Giorno	06:00 22:00	K = 0 dBA
	Lgg		Leq
	dB		dB
Livello	51,7		51,7
Periodo	TR notte (Lnn)		
Intervallo temporale	notte	22:00 06:00	K = 0 dBA
	Lnn		Leq
	dB		dB
Livello	52,1		52,1

Misure settimanali 1-RUM-W, 2-RUM-W,3-RUM-W

Tali dati sono poi stati utilizzati, ove rilevanti, per la taratura del modello di simulazione.

9.2. STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO – MODELLO PREVISIONALE

Per la simulazione del rumore prodotto dall'infrastruttura e dal cantiere si è fatto ricorso al programma di previsione e propagazione acustica SoundPlan 7.4.

Soundplan è un programma di simulazione semiempirico ed è fornito degli standards nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore e, basandosi sul metodo di Ray Tracing, è in grado

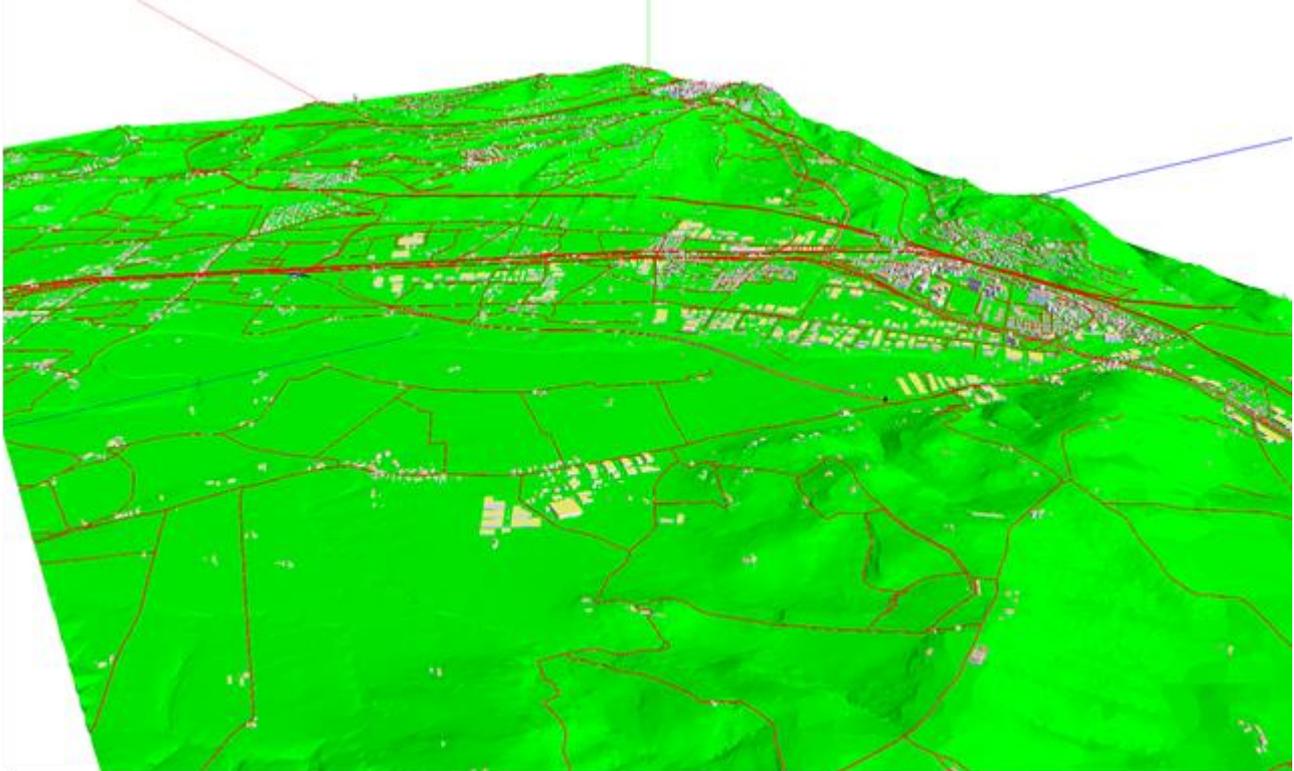
di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per i singoli punti fornendo i livelli globali e la loro composizione direzionale.

Il software di simulazione Soundplan consente la scelta dei modelli di calcolo da utilizzare per le emissioni stradali e ferroviarie.

Nel presente progetto, sulla scorta delle indicazioni del gruppo di lavoro della Commissione europea WG -AEN, Assessment of Exposure to Noise, è stato adottato per il rumore stradale il modello "NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)".

Il modello 3D viene realizzato inserendo nel software di simulazione tutte le superfici acusticamente significative e dotandole di coefficienti di assorbimento e di potere fonoisolante.

Vengono poi posizionate delle opportune sorgenti aventi potenza sonora, spettro e direzionalità analoghe a quelle umane e infine viene realizzata una griglia pseudo-casuale di punti di ascolto che va a definire la mappatura di isolivello dei vari parametri.



Modello 3D

La taratura di un modello matematico di simulazione è un passo fondamentale per garantire una sufficiente precisione allo studio acustico. Infatti, i valori di assorbimento acustico dei materiali possono essere ricavati da certificati, prove di laboratorio, schede tecniche dei materiali o anche valori medi presenti in letteratura, ma l'effettiva resa acustica dei materiali realmente presenti è rilevabile solo ed esclusivamente mediante misurazione diretta. E anche in questo caso è comunque impossibile discriminare i coefficienti dei singoli materiali, ma si ha comunque la garanzia che il risultato modellizzato è tarato sul caso reale.

La taratura è stata eseguita sui valori medi nel Tempo di Riferimento (diurno e notturno) mediante confronto tra i valori misurati e i valori risultanti dalla simulazione nei medesimi punti e nelle medesime condizioni operative (tutte le sorgenti in funzione e nessun intervento di bonifica).

I punti di taratura sono gli stessi utilizzati per le misure settimanali di clima acustico, 1-RUM-W, 2-RUM-W e 3-RUM-W. Per il posizionamento e le schede di misura si veda l'allegato "Rapporto di misura per i rilievi acustici".

PROGETTAZIONE ATI:

9.2.1. FASE DI POSTOPERA

Allo stato attuale è presente una diffusa rumorosità all'interno di tutto l'ambito urbano dei Comuni di Perugia e Torgiano, tale da determinare diffuse situazioni di potenziale superamento dei limiti stabiliti dalla classificazione acustica comunale e dalle fasce di pertinenza attualmente applicate. In particolare tali situazioni di superamento si verificano sia di giorno (ed in tal caso interessano anche un ricettore sensibile scolastico) che di notte, in prossimità dell'attuale svincolo di Collestrada e del tratto di SS3bis presso Madonna del Piano.

La valutazione di criticità dei ricettori viene effettuata sul rumore immesso dalla sorgente sonora specifica (la nuova infrastruttura), il cui livello è da confrontarsi con:

- Il limite imposto dal DPR 142/04 per i ricettori situati all'interno della fascia di pertinenza (nel caso in esame fascia unica di 250 m per strade extraurbane principali tipo B);
- I limiti della classificazione acustica comunale per i ricettori esterni alla fascia di pertinenza;
- Il limite derivato dalla concorsualità con una o più sorgenti per i ricettori che si trovano all'interno della fascia di pertinenza della nuova infrastruttura e contemporaneamente all'interno delle fasce di pertinenza di infrastrutture concorsuali.

L'intervento in progetto, pur determinando un beneficio di riduzione della rumorosità in alcune aree, genera però un incremento di rumorosità in corrispondenza di alcuni ricettori, tale da determinare un superamento dei limiti relativi al rumore prodotto dalla sola infrastruttura. In particolare la nuova infrastruttura, presa a se stante, provoca un superamento dei limiti presso i ricettori 1005 (residenziale), 1050 (scuola) e 1313,1320,1328 (residenziali in Classe I). Si precisa che i primi due (1005 e 1050) sono già allo stato attuale interessati da un livello di rumorosità elevato, oltre i limiti attualmente applicabili, e la nuova infrastruttura determina solamente un aggravio di tale condizione.

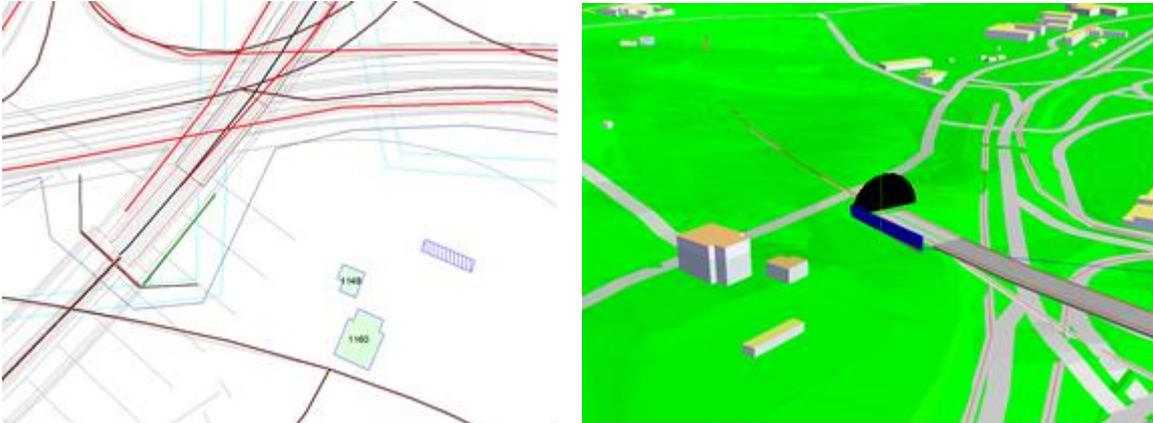
Rumore immesso dalla SOLA nuova infrastruttura							
Tutti i livelli sono espressi in dB(A)							
RICETTORI	LIMITI		SENZA MITIGAZIONI				Classificazione, fasce di pertinenza e concorsualità
	GIURNO	NOTTURNO	LIVELLO MEDIO		SUPERAMENTO MEDIO		
			GIURNO	NOTTURNO	GIURNO	NOTTURNO	
± 1005	60,2	50,2	56,0	51,1	0,1	2,7	60,2/50,2 CONCORSAULTA
± 1150	47,0	37,0	47,1	43,9	2,3		47/37 CONCORSAULTA
± 1313	50,0	40,0	39,4	37,0	0,0	1,0	Classe I
± 1320	50,0	40,0	43,1	40,8	0,0	1,9	Classe I
± 1328	50,0	40,0	39,2	37,2	0,0	0,1	Classe I

Ricettori con superamento dei limiti

Sono state previste delle opere di mitigazione, costituite da due barriere acustiche, una a protezione del ricettore 1005 e posizionata sulla rampa di accesso e una a protezione del ricettore 1050 scolastico (scuola elementare di Collestrada), posizionata all'imboccatura della galleria. Oltre alle barriere si prevede l'insonorizzazione dei giunti dei viadotti (rampa nord presso Madonna del Piano, viadotto sul Tevere e viadotto allo sbocco della galleria presso Collestrada) e la posa di asfalto fonoassorbente lungo tutto il tratto Collestrada – Madonna del piano.

Gli interventi di mitigazione sono in grado di ridurre la rumorosità complessiva al ricettore 1005 e limitrofi entro i limiti di legge, di mantenere sostanzialmente il rispetto della Classe I presso i ricettori 1313,1320 e 1328 (a meno di una frazione di dB), mentre per quanto riguarda il ricettore scolastico

1050, la barriera da sola non sarà in grado di ridurre la rumorosità della nuova infrastruttura al di sotto del limite di concorsualità.



Ricettore scolastico 1150 (scuola elementare di Collestrada) e interventi di mitigazione

Per ragioni di carattere strutturale paesaggistico non è però possibile realizzare una barriera avente altezza superiore a 5 m, né prolungare la stessa sul viadotto.

Per incrementare ulteriormente la mitigazione si prevede quindi di ridurre l'effetto "colpo di fucile" dell'imbocco della galleria, rivestendo il tratto iniziale dell'intradosso della galleria con pannelli fonoassorbenti posizionati alle pareti e al soffitto, per un tratto di lunghezza 20 m circa.

Questi interventi di mitigazione non sono peraltro sufficienti a portare il livello di immissione di rumore della nuova infrastruttura entro i limiti in facciata in alcuni punti del ricettore, per cui, come previsto dal DPR 142, Art.6, c.2, non essendo i valori limite per l'infrastruttura tecnicamente conseguibili, si evidenzia la necessità di procedere ad interventi diretti sul ricettore.

Poiché il superamento avviene esclusivamente in corrispondenza delle facciate NE, NW e W del terzo piano, deve essere prevista la sostituzione dei soli infissi localizzati in tali facciate e piani, previa valutazione dell'efficacia degli infissi esistenti e solo se questi ultimi risultano insufficienti al raggiungimento del valore previsto.

In particolare, nel caso in esame, trattandosi di una scuola, deve essere assicurato il rispetto del limite di 45 dB(A) Leq diurno a finestre chiuse.

Occorre precisare che l'intero edificio scolastico è comunque già ora interessato da un elevato rumore (ampiamente superiore ai limiti) derivato dalle altre infrastrutture stradali, ferroviarie e commerciali presenti nella zona, pertanto anche nella condizione ante operam.

La nuova infrastruttura porterà solo ad un lieve incremento di tale rumorosità ed è solo su tale incremento che le opere di mitigazione previste incidono.

La normativa sulla concorsualità (D.M.A. del 29/11/00) però impone di valutare e mitigare anche l'immissione di una nuova infrastruttura presa a se stante, qualora essa risultasse superiore al limite di soglia concorsuale.

9.2.2. FASE DI CANTIERE

Lo studio acustico ha consentito di valutare l'impatto complessivo dell'intervento sul clima acustico dell'area circostante i tratti in lavorazione, nonché di individuare le situazioni che richiedono interventi di mitigazione.

Nello studio acustico viene affrontato in modo sistematico il tema del rumore prodotto dal cantiere, in particolare sono considerate:

- le localizzazioni e le configurazioni delle aree di cantiere;

PROGETTAZIONE ATI:

- la configurazione morfologica dei luoghi nello stato attuale e nella fase di cantiere;
- la presenza di ricettori potenzialmente disturbati;
- le sorgenti di rumore che si prevede siano presenti e operative nelle diverse situazioni di cantiere e le relative emissioni acustiche (singole per macchinario e complessive per area di cantiere);
- gli accorgimenti e le misure di mitigazione che si prevede siano applicate, tramite specifiche disposizioni che saranno impartite alle imprese e mediante eventuali sistemi di mitigazione provvisori.

Sulla base degli elementi sopra elencati, con riferimento a schede di emissione delle sorgenti (singoli macchinari o scenari di emissione), dati dedotti dalla letteratura, ipotesi basate sull'esperienza in situazioni simili, che delineano sonogrammi riferiti a tempistiche di utilizzo e di contemporaneità definite come standard, sono stati calcolati i livelli in facciata dei ricettori esposti, i quali sono poi stati confrontati con i limiti derivanti dalla Classificazione Acustica Comunale.

Come generalmente previsto nelle disposizioni per le imprese in materia ambientale contenute nel futuro Progetto Esecutivo, sarà poi compito dell'impresa appaltatrice, in base alla propria organizzazione e ai tempi programmati, redigere in ogni caso una Valutazione di impatto acustico per tutte le aree di cantiere, nel rispetto delle specifiche contenute nelle disposizioni per le imprese in materia ambientale e considerando il presente studio come base analitica e modellistica.

Sudette valutazioni dovranno dimostrare il rispetto dei limiti acustici ovvero supportare la eventuale richiesta di autorizzazione in deroga ai limiti acustici, nei casi in cui essa risulti necessaria. In tali casi l'impresa dovrà comunicare agli Enti Competenti, tutti gli elementi tecnici necessari ai fini di legge e per la completa contestualizzazione spaziale e temporale delle attività rumorose. In particolare, si farà riferimento ai contenuti del presente documento evidenziando le modifiche eventualmente intercorse e i necessari correttivi alle stime di impatto e al dimensionamento delle eventuali misure di mitigazione, nonché specificando l'entità e la durata delle eventuali deroghe richieste.

Le emissioni prodotte dal cantiere si suddividono fondamentalmente in tre tipologie:

- Rumore prodotto dai cantieri fissi e dalle aree tecniche (tempo di riferimento diurno)
- Rumore prodotto dallo scavo e dalle attrezzature di servizio (diurno)
- Rumore prodotto dal transito dei mezzi pesanti lungo la viabilità di cantiere (diurno)

Nella relazione sono stati valutati gli impatti acustici principali derivanti dalle attività previste nelle aree di cantiere. In particolare, si è ipotizzando che le lavorazioni avverranno solo nel periodo diurno con una durata dei lavori di 8 ore distribuite tra le 8 e le 19, come previsto dalla normativa regionale e comunale vigente, fatte salve le specifiche autorizzazioni in deroga, come previsto dalla normativa.

Sulla base di rilievi effettuati nel corso degli anni e di dati disponibili in letteratura, i cantieri base e le aree tecniche, a prescindere dallo specifico layout, sono generalmente caratterizzati da una rumorosità diffusa identificabile con una potenza sonora superficiale.

La prima attività da sviluppare per effettuare la valutazione degli impatti determinati dalle attività di cantiere relativamente alla componente rumore riguarda l'individuazione dei livelli di potenza sonora caratteristici dei macchinari impiegati.

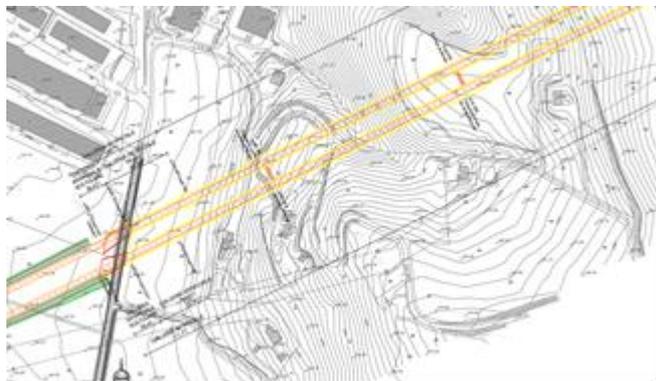
Tale fase è stata sviluppata attraverso un'attenta analisi dei dati bibliografici esistenti e, in particolare, di quelli contenuti all'interno dello Studio del Comitato Paritetico Territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e Provincia, "Conoscere per prevenire n° 11".

Lo studio si basa su una serie di rilievi fonometrici che hanno consentito di classificare dal punto di vista acustico, 358 macchinari rappresentativi delle attrezzature utilizzate per la realizzazione delle principali attività cantieristiche.

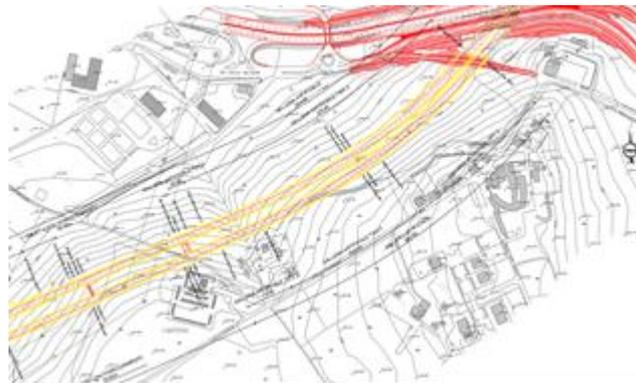
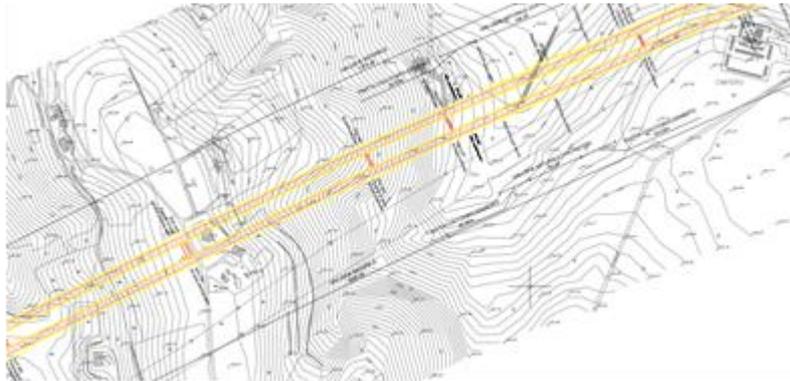
Tutte le macchine impiegate in cantiere devono presentare emissioni sonore conformi alla **DIRETTIVA 2000/14/CE** "Emissione acustica ambientale delle attrezzature destinate a funzionare all'aperto", recepita con DL n.262 del 04/09/2002 e successive modifiche ed integrazioni.

La galleria Collestrada è composta da due tratte in artificiale e una tratta in naturale. La galleria, a doppio fornice, prevede anche la realizzazione di bypass pedonali e pedocarrabili di collegamento tra le due canne. Descrivendo l'opera a partire dall'imbocco sud, si prevede la realizzazione di una galleria artificiale realizzata in parte tramite struttura scatolare in parte con utilizzando il "metodo Milano". La realizzazione di questa galleria artificiale avverrà dapprima mediante la realizzazione dei pali trivellati di grande diametro che hanno sia la funzione di paratie provvisorie, necessarie al contenimento degli scavi di sbancamento (successivamente ritombati) per la realizzazione della struttura scatolare che compone la prima parte della galleria artificiale, sia di setti portanti del solettone che compone la parte di struttura realizzata tramite il "metodo Milano". Al fine di eliminare l'interferenza con la viabilità esistente via Ferriera, si procederà prima alla realizzazione della tratta con struttura metodo Milano, si devia il traffico sulla parte di galleria già realizzata, e si procede alla realizzazione della struttura scatolare con successivo ritombamento e ripristino della nuova viabilità di via Ferriera. Terminata la prima galleria artificiale, inizia la tratta di naturale che sarà realizzata con tecniche di scavo tradizionali mediante l'ausilio di mezzi di scavo meccanici. Si prevedono tratte con consolidamenti sia al contorno sia al fronte. Durante lo sviluppo della galleria naturale è prevista la realizzazione di bypass di collegamento delle due canne che saranno anch'essi realizzati mediante tecniche di scavo tradizionali. Proseguendo verso nord, si incontra una tratta a basse coperture, in cui è previsto un consolidamento dall'alto mediante la realizzazione di pali in calcestruzzo. Per la realizzazione di tale intervento di consolidamento è necessario eseguire dei movimenti terra al fine di realizzare una piazzola di lavoro. Proseguendo verso nord, si incontra un tratto dove è necessario realizzare una protesi su pali in cemento armato in quanto le coperture non consentirebbero la realizzazione di una galleria naturale, neppure tramite un intervento di consolidamento. Uscendo dalla zona sotto protesi, si incontra una nuova zona consolidata dall'alto mediante pali in calcestruzzo, per poi continuare fino al termine della galleria naturale con sezioni tipo standard. L'ultimo tratto è realizzato in galleria artificiale "metodo Milano". In questa seconda galleria artificiale è previsto un bypass di collegamento. Anche il bypass, nella tratta in artificiale, sarà realizzato mediante il "metodo Milano".

L'impiego del "metodo Milano" consente di limitare gli scavi di sbancamento al solo prescavo necessario per la realizzazione del cordolo delle paratie.



PROGETTAZIONE ATI:



Lavorazioni galleria – tratti sud-est, centrale e nord-ovest

Lo scavo tradizionale, con successivo consolidamento in calcestruzzo proiettato, rappresenta un metodo di scavo flessibile, che si rivela molto efficace in presenza di ammassi rocciosi instabili e mutevoli e in caso di geometrie delle sezioni di dimensioni variabili e complesse.

Nel caso di scavo tradizionale, le fasi lavorative e la loro successione sono consequenziali e cioè: la predisposizione dei fori, il riempimento degli stessi con esplosivo ed il successivo brillamento. Dopo l'asporto del materiale così abbattuto, si procede con il consolidamento del cavo con calcestruzzo proiettato, ancoraggi, centine metalliche e reti di armatura. Conclusa questa fase, si ricomincia con un nuovo ciclo di brillamento. A seconda delle condizioni del tratto da scavare, durante la realizzazione della galleria, sono generalmente previsti intervalli di tempo tra le tre e le sei ore fra un brillamento e l'altro.

La rumorosità all'imboccatura del tratto di galleria e conseguentemente la potenza sonora emessa, è difficilmente valutabile a priori, a causa dell'estrema variabilità delle lavorazioni e delle emissioni. Risulta che presso i seguenti ricettori è ipotizzabile un superamento dei limiti nel momento in cui le lavorazioni si svolgono in prossimità degli stessi

Viabilità di cantiere esterna

Mentre la rumorosità derivata dal traffico dei mezzi pesanti all'interno del cantiere è già stato valutato inserendo il transito dei mezzi nel calcolo della potenza sonora del cantiere mobile, il rumore prodotto dal transito degli stessi lungo le strade esistenti viene simulato mediante il modello NMPB 96 imponendo un numero di veicoli pesanti all'ora nel tempo di riferimento diurno su tratti di strada interessati all'interno dell'area di valutazione.

PROGETTAZIONE ATI:

Non essendo disponibile un flusso di mezzi calcolato sulla base dei movimenti terra e del fabbisogno di materie prime, si ipotizza, sulla scorta di quanto calcolato su progetti analoghi, un valore pari a 5 mezzi/ora.

Rumore immesso dal cantiere				
Tutti i livelli sono espressi in dB(A)				
RICETTORI	LIMITI	SENZA MITIGAZIONI		Classificazione
		LIVELLO MEDIO	SUPERAMENTO MEDIO	
1150				Classe I
piano 0				
SW	50,0	52,2	2,2	
piano 1				
NE	50,0	50,6	0,6	
NW	50,0	50,7	0,7	
SW	50,0	52,0	2,0	
W	50,0	50,9	0,9	
piano 2				
E	50,0	50,8	0,8	
NE	50,0	51,0	1,0	
NW	50,0	51,5	1,5	
SW	50,0	51,6	1,6	
W	50,0	52,1	2,1	
piano 3				
E	50,0	52,0	2,0	
NE	50,0	52,3	2,3	
NW	50,0	52,7	2,7	
SE	50,0	50,4	0,4	
SW	50,0	51,6	1,6	
W	50,0	53,6	3,6	
1153				Classe I
piano 0				
NW	50,0	50,3	0,3	
1160				Classe II
piano 0				
NE	55,0	55,6	0,6	
piano 1				
NE	55,0	56,7	1,7	
1163				Classe II
piano 0				
NE	55,0	57,5	2,5	
NW	55,0	55,8	0,8	
piano 1				
NE	55,0	58,2	3,2	
NW	55,0	57,1	2,1	
1181				Classe I
piano 3				
N	50,0	50,8	0,8	
NE	50,0	50,9	0,9	
NW	50,0	50,4	0,4	
1186				Classe III
piano 0				
N	60,0	63,3	3,3	
W	60,0	60,1	0,1	
piano 1				
E	60,0	60,3	0,3	
N	60,0	63,9	3,9	
W	60,0	61,1	1,1	
1187				Classe III
piano 0				
NW	60,0	60,4	0,4	

Ricettori con possibile superamento dei limiti ed efficacia degli interventi di mitigazione (barriere mobili)

PROGETTAZIONE ATI:

Per quanto riguarda il rumore prodotto dal cantiere, l'adozione di barriere (eventualmente del tipo mobile da cantiere) in corrispondenza di alcuni ricettori particolarmente esposti consente di limitare entro i limiti di legge le emissioni del cantiere presso i ricettori maggiormente esposti e a ridurre significativamente la rumorosità nell'area circostante. In corrispondenza degli altri cantieri non si rilevano situazioni di criticità.

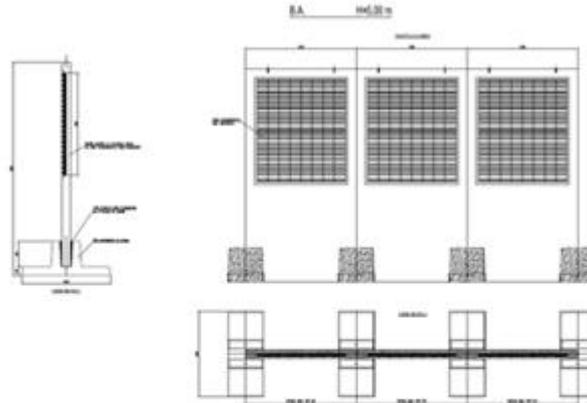
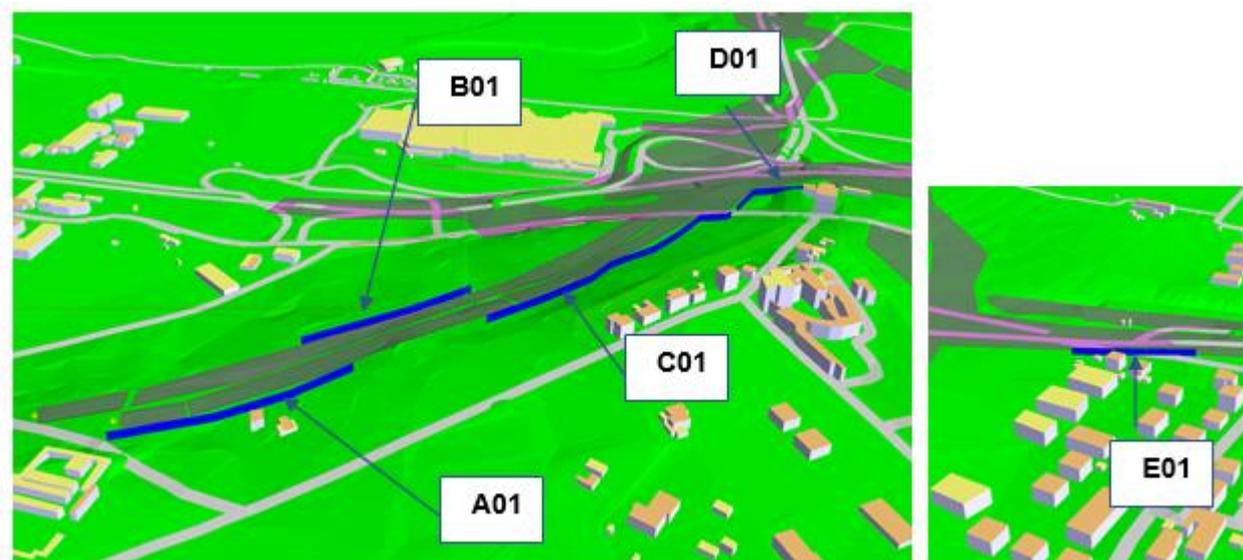


Figura 6.13 Tipologico di barriere di cantiere



Esempio di barriera mobile di cantiere



PROGETTAZIONE ATI:

Esempio di posizionamento delle barriere mobili di cantiere

Il **ricettore scolastico 1150** è l'unico ricettore che, trattandosi di edificio scolastico, quindi sottoposto ai limiti della Classe I, avendo una altezza tale da non beneficiare degli effetti delle barriere ai piani alti ed oltretutto essendo sfavorito dall'orografia del territorio, potrebbe permanere in una condizione di rischio di superamento dei limiti.

Occorrerà pertanto prevedere particolare attenzione nell'organizzazione del cantiere in prossimità di tale ricettore, soprattutto in termini di orari di lavorazione, in modo da minimizzare la rumorosità in corrispondenza degli orari di lezione.

E' opportuno precisare che, pur utilizzando un sistema di barriere, che in linea teorica consentono il rispetto dei limiti, è possibile che si possano comunque verificare, temporaneamente ed in occasione di particolari lavorazioni, dei superamenti, sia di livello che di orario di lavoro, per cui occorrerà procedere in via cautelativa con le opportune richieste in deroga ai limiti.

Spetta all'Impresa, una volta definito nel dettaglio il piano di cantierizzazione, procedere con una valutazione specifica di impatto acustico che determini le effettive situazioni di criticità e la necessità di procedere con eventuali ulteriori interventi di mitigazione e/o con opportune richieste di autorizzazioni temporanee in deroga da presentare in Comune nei tempi previsti.

E' peraltro necessario che l'Impresa esecutrice dei lavori, una volta definito nel dettaglio il piano di cantierizzazione, proceda con una valutazione specifica di impatto acustico che determini le effettive situazioni di criticità, ed in ogni caso proceda cautelativamente con le opportune richieste in deroga in corrispondenza dei tratti prossimi a ricettori.

I livelli acustici prodotti dal cantiere potranno essere ulteriormente contenuti grazie all'adozione di misure di gestione ambientale, per la cui definizione si rimanda al Piano Ambientale di Cantierizzazione.

10. VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO

10.1. ANTE OPERAM

In questo capitolo viene analizzato lo stato attuale d'inquinamento, per quanto concerne PM10 e NO₂, nell'area di intervento.

In particolare, vengono esposti ed analizzati i dati delle centraline Arpa nei dintorni del tratto d'interesse.

Inoltre, viene riportato lo stato attuale di traffico, analizzato tramite lo studio di TPS PRO srl.

10.1.1. DATI CENTRALINE ARPA

Per l'analisi dello stato attuale d'inquinamento di PM10, PM2.5 e NO₂ sono state considerate quattro centraline nei dintorni dell'area di interesse. Per tutti i parametri vengono considerati i valori dell'anno solare 2021. Nella seguente tabella vengono riportate le coordinate, la quota ed i parametri monitorati per ogni centralina.

	Tipologia	Coordinate		Quota s.l.m.	Parametri
		E	N		
Perugia – Parco Cortese	Urbana – Fondo	285468	4775784	274	PM10, PM2.5, NO ₂
Perugia - Fontivegge	Urbana - Traffico	286371	4775810	306	PM10, PM2.5, NO ₂
Perugia – Ponte San Giovanni	Urbana - Traffico	291791	4773948	195	PM10, PM2.5, NO ₂
Torgiano Brufa	Rurale - Fondo	293839	4771464	286	PM10, PM2.5, NO ₂

Tabella X – Stazioni Arpa Umbria di riferimento.

10.1.2. PM10

Nella seguente tabella vengono riportate, a titolo indicativo, le medie annue di PM10 nelle diverse centraline considerate.

	Tipo di stazione	Media annua PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Superamenti
Perugia – Parco Cortese	Urbana – Fondo	17	7
Perugia - Fontivegge	Urbana - Traffico	17	4
Perugia – Ponte San Giovanni	Urbana - Traffico	19	12
Torgiano Brufa	Rurale - Fondo	15	3

Tabella X – Media annuale dei valori di PM10 e superamenti per le centraline Arpa Umbria.

Come si può notare, a parte alcuni picchi, i valori di PM10 sono largamente inferiori al limite normativo vigente di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La stazione “Ponte San Giovanni” risulta essere quella con i valori di PM10 più elevati, con una media annuale di $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e 12 superamenti annui del limite. Le stazioni urbane di “Parco Cortese” e “Fontivegge” risultano avere una media annua di $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e rispettivamente 7 e 4 superamenti annui del limite normativo. Infine, la centralina rurale di “Torgiano Brufa” risulta essere quella con i valori di PM10 più bassi, con una media annuale di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e solo 3 superamenti annui.

L'area d'intervento può essere assimilabile per orografia ed urbanizzazione all'area in cui è situata la stazione “Torgiano Brufa”, con una maggiore influenza della zona industriale di Ponte San Giovanni.

Si suppone perciò che i valori di PM10 per l'area d'intervento si attestano in media tra i 15 ed i $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

10.1.3. PM2.5

Nella seguente tabella vengono riportate, a titolo indicativo, le medie annue di PM2.5 nelle diverse centraline considerate.

	Tipo di stazione	Media annua PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Perugia – Parco Cortese	Urbana – Fondo	10
Perugia - Fontivegge	Urbana - Traffico	10
Perugia – Ponte San Giovanni	Urbana - Traffico	12
Torgiano Brufa	Rurale - Fondo	10

Tabella X – Media annuale dei valori di PM2.5 per le centraline Arpa Umbria.

La stazione “Ponte San Giovanni” risulta essere quella con i valori di PM2.5 più elevati, con una media annuale di $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le stazioni urbane di “Parco Cortese” e “Fontivegge” e la stazione rurale di “Torgiano Brufa” risultano avere una media annua di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Come detto in precedenza, l'area d'intervento può essere assimilabile per orografia ed urbanizzazione all'area in cui è situata la stazione “Torgiano Brufa”, con una maggiore influenza della zona industriale di Ponte San Giovanni.

Si suppone perciò che i valori di PM2,5 per l'area d'intervento si attestano in media tra i 10 ed i $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

10.1.4. NO₂

Nella seguente tabella vengono riportate, a titolo indicativo, le medie annue di NO₂ nelle diverse centraline monitorate.

PROGETTAZIONE ATI:

	Tipo di stazione	Media annua NO ₂ (µg/m ³)	Superamenti
Perugia – Parco Cortese	Urbana – Fondo	12	0
Perugia - Fontivegge	Urbana - Traffico	17	0
Perugia – Ponte San Giovanni	Urbana - Traffico	16	0
Torgiano Brufa	Rurale - Fondo	10	0

Tabella X – Medie mensili e media annuale dei valori di PM10 per le centraline Arpa Umbria.

La stazione “Fontivegge” risulta essere quella con i valori di NO₂ più elevati, con una media annuale di 17 µg/m³; tutte e tre le centraline risultano avere comunque valori nettamente inferiori al limite normativo vigente di 200 µg/m³. Le stazioni urbane di “Parco Cortese” e “Ponte San Giovanni” risultano avere una media annua rispettivamente di 12 e 16 µg/m³. Infine, la centralina rurale di “Torgiano Brufa” risulta essere quella con i valori di NO₂ più bassi, con una media annuale di 10 µg/m³.

Nessuna centralina ARPA risulta avere superamenti del limite normativo vigente per l'NO₂ di 200 µg/m³.

Come detto in precedenza, l'area d'intervento può essere assimilabile per orografia ed urbanizzazione all'area in cui è situata la stazione “Torgiano Brufa”, con una maggiore influenza della zona industriale di Ponte San Giovanni.

Si suppone perciò che i valori di NO₂ per l'area del Lotto I siano compresi tra i 10 ed i 16 µg/m³.

10.2. POST OPERAM

In questo capitolo vengono analizzati i risultati delle simulazioni atmosferiche effettuate con il software MMS CALINE e con il post processatore MMS RUN ANALYZER, per tre inquinanti studiati (PM10, PM2.5 e NO₂).

Per ogni inquinante sono state effettuate tre simulazioni: giornaliera, ora di punta feriale mattutina, ora di punta feriale pomeridiana.

Per quanto concerne gli NO_x è stata effettuata una simulazione per valutarne la media annuale.

10.2.1. PM10

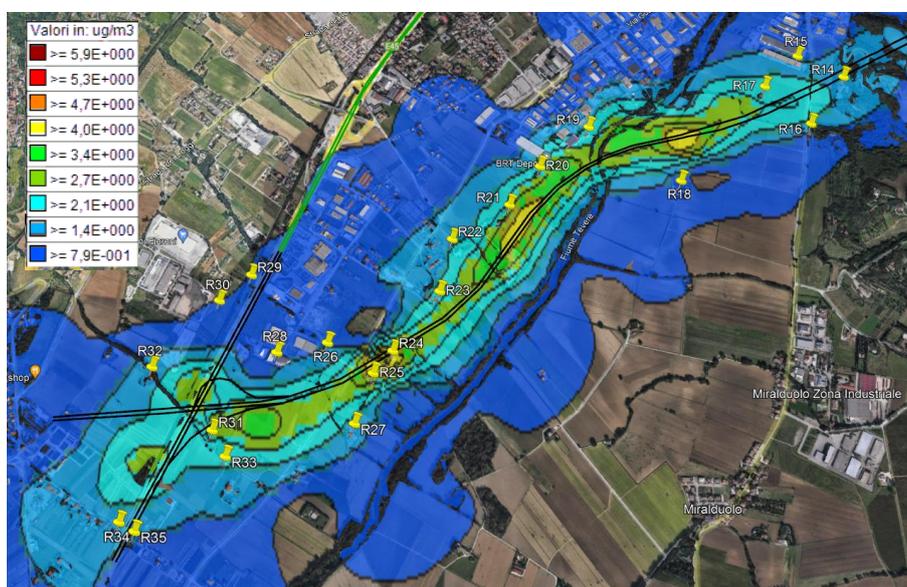
Per il calcolo dei PM10 sono stati utilizzati i dati di traffico forniti dallo studio prodotto da TPS PRO srl. Il fattore di emissione per un'auto equivalente è stato selezionato dalla banca dati ISPRA ambiente (<https://fetranp.isprambiente.it/#/ricerca>); è stato preso il valore più alto corrispondente a 0,040531 al fine di valutare il peggior scenario possibile.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media giornaliera (µg/m ³)	90,4 percentile (µg/m ³)	Massimo giornaliero (µg/m ³)
R1	0,31	1,00	3,43
R2	0,18	0,63	2,34
R3	0,20	0,59	2,50
R4	0,07	0,23	2,67
R5	0,03	0,10	2,08
R6	0,03	0,10	2,30
R7	0,06	0,24	2,82
R8	0,18	0,55	3,60
R9	0,32	0,95	4,73
R10	0,25	0,84	4,35
R11	0,21	0,80	3,25
R12	0,50	1,78	3,55

Ricettori	Media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90,4 percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R13	0,40	1,54	3,28
R14	0,06	0,25	1,96
R15	0,15	0,54	1,60
R16	0,10	0,42	1,21
R17	0,32	0,93	2,54
R18	0,17	0,59	1,20
R19	0,21	0,73	2,26
R20	0,24	0,82	2,69
R21	0,28	0,91	3,24
R22	0,16	0,51	2,05
R23	0,32	0,91	2,54
R24	0,66	1,83	4,79
R25	0,39	1,19	3,19
R26	0,21	0,62	1,49
R27	0,20	0,70	1,64
R28	0,18	0,55	1,24
R29	0,07	0,30	0,87
R30	0,08	0,35	0,86
R31	0,29	0,91	2,75
R32	0,05	0,18	1,76
R33	0,18	0,59	2,08
R34	0,09	0,22	1,68
R35	0,13	0,41	1,37

Tabella X – Valori di PM10 ai ricettori.



PROGETTAZIONE ATI:

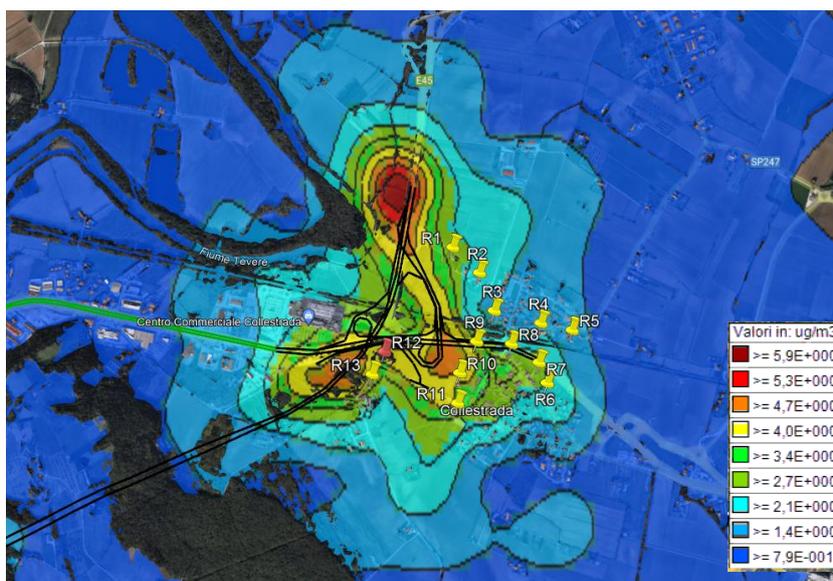


Figura X – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodo di Perugia sia R24, con una media giornaliera aggiuntiva di 0,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un valore al 90,4 percentile di 1,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un massimo giornaliero di 4,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati (0,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di media, 1,78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di 90,4 percentile e 3,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Considerando i valori di fondo si può affermare che, a seguito dell'intervento del Nodo di Perugia, i valori di PM10 saranno in media sempre inferiori a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

10.2.2. PM2,5

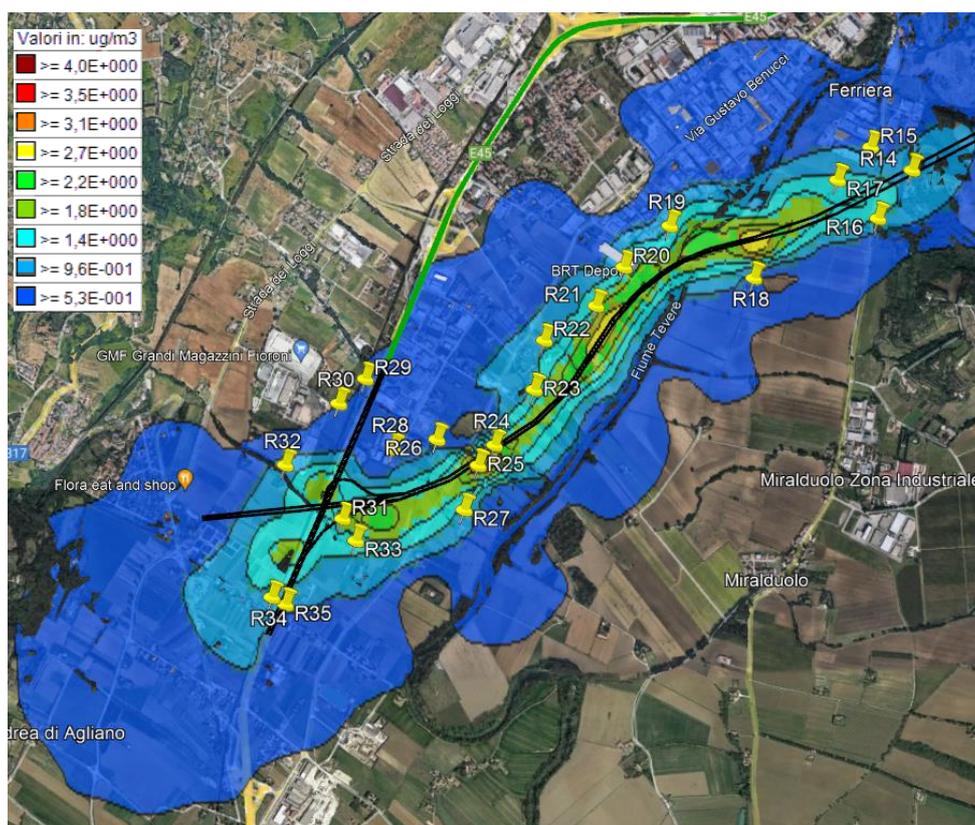
Per il calcolo dei PM2.5 sono stati utilizzati i dati di traffico forniti dallo studio prodotto da TPS PRO srl. Il fattore di emissione per un'auto equivalente è stato selezionato dalla banca dati ISPRA ambiente (<https://fettransp.isprambiente.it/#/ricerca>); è stato preso il valore più alto corrispondente a 0,02699 al fine di valutare il peggior scenario possibile.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	0,20	2,28
R2	0,12	1,56
R3	0,13	1,67
R4	0,05	1,78
R5	0,02	1,39
R6	0,02	1,53
R7	0,04	1,88
R8	0,12	2,40
R9	0,21	3,15
R10	0,17	2,90
R11	0,14	2,16
R12	0,33	2,36
R13	0,27	2,18
R14	0,04	1,31
R15	0,10	1,06
R16	0,07	0,81

Ricettori	Media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R17	0,21	1,69
R18	0,12	0,80
R19	0,14	1,51
R20	0,16	1,79
R21	0,18	2,16
R22	0,10	1,37
R23	0,21	1,69
R24	0,44	3,19
R25	0,26	2,12
R26	0,14	0,99
R27	0,13	1,10
R28	0,12	0,83
R29	0,05	0,58
R30	0,05	0,57
R31	0,19	1,83
R32	0,03	1,17
R33	0,12	1,39
R34	0,06	1,12
R35	0,09	0,92

Tabella X – Valori di PM2.5 ai ricettori.



PROGETTAZIONE ATI:

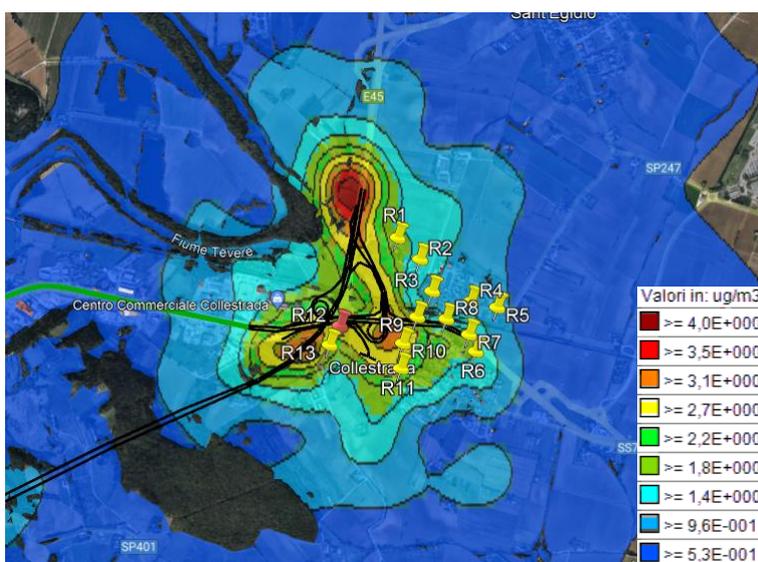


Figura X – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodo di Perugia sia R24, con una media giornaliera aggiuntiva di $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo giornaliero di $3,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati ($0,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media e $3,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Considerando i valori di fondo si può affermare che, a seguito dell'intervento del Nodo di Perugia, i valori di PM2.5 saranno in media sempre inferiori a $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

10.2.3. NO₂

Per il calcolo dei NO₂ sono stati utilizzati i dati di traffico forniti dallo studio prodotto da TPS PRO srl. Il fattore di emissione, utilizzato per il software Caline, per un'auto equivalente è stato selezionato dalla banca dati ISPRA ambiente (<https://fetranp.isprambiente.it/#/ricerca>); è stato preso il valore più alto corrispondente a $0,444824$ (NO_x) al fine di valutare il peggior scenario possibile.

Una volta simulati gli NO_x, è stata utilizzata la tecnologia ARM2, disponibile nel post-processore RUN ANALYZER, per ricavare i valori corrispondenti di NO₂.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	99,8 percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	1,59	7,78	8,75
R2	0,92	5,24	5,48
R3	1,07	5,48	5,74
R4	0,36	4,85	5,36
R5	0,13	2,89	3,46
R6	0,12	3,22	3,45
R7	0,31	4,46	4,60
R8	1,07	7,91	8,58
R9	1,87	11,80	12,60
R10	1,04	9,99	10,00
R11	0,71	6,43	6,50
R12	2,30	8,98	9,06
R13	1,66	7,58	7,61
R14	0,28	4,82	5,58
R15	0,72	2,98	2,99
R16	0,43	2,46	2,75

PROGETTAZIONE ATI:

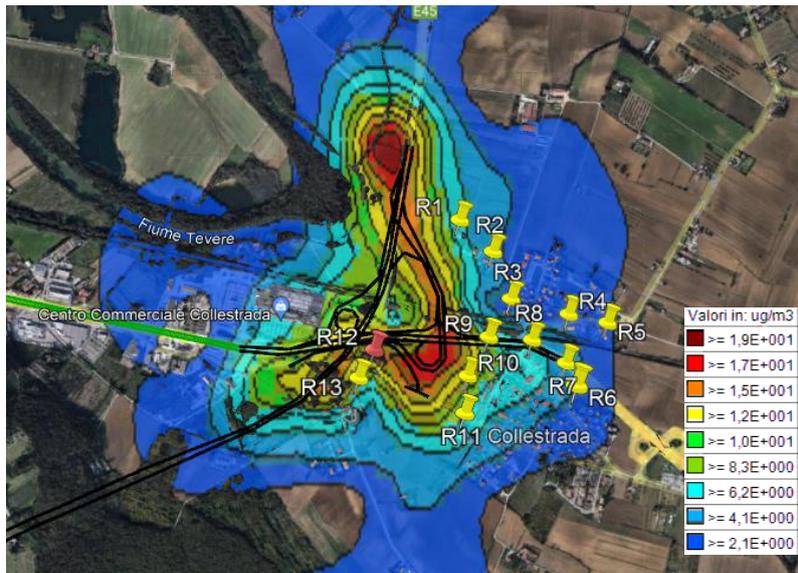


Figura X – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodo di Perugia sia R24, con una media giornaliera aggiuntiva di 4,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un valore al 99,8 percentile di 13,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un massimo giornaliero di 13,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati (2,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di media, 8,98 di 99,8 percentile e 9,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Considerando i valori di fondo si può affermare che, a seguito dell'intervento del Nodo di Perugia, i valori di NO_2 saranno in media sempre inferiori a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

10.2.4. NOx

Per il calcolo dei NO_x sono stati utilizzati i dati di traffico forniti dallo studio prodotto da TPS PRO srl. Il fattore di emissione, utilizzato per il software Caline, per un'auto equivalente è stato selezionato dalla banca dati ISPRA ambiente (<https://fettransp.isprambiente.it/#/ricerca>); è stato preso il valore più alto corrispondente a 0,444824 (NO_x) al fine di valutare il peggior scenario possibile.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	1,77
R2	1,02
R3	1,19
R4	0,40
R5	0,14
R6	0,13
R7	0,34
R8	1,19
R9	2,07
R10	1,15
R11	0,79
R12	2,56
R13	1,84
R14	0,31
R15	0,80
R16	0,48

Ricettori	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R17	2,00
R18	0,77
R19	1,18
R20	1,30
R21	1,53
R22	0,73
R23	1,90
R24	4,58
R25	2,27
R26	1,11
R27	0,80
R28	0,99
R29	0,25
R30	0,30
R31	1,70
R32	0,18
R33	0,77
R34	0,37
R35	0,61

Tabella X – Valori di NO_x ai ricettori.

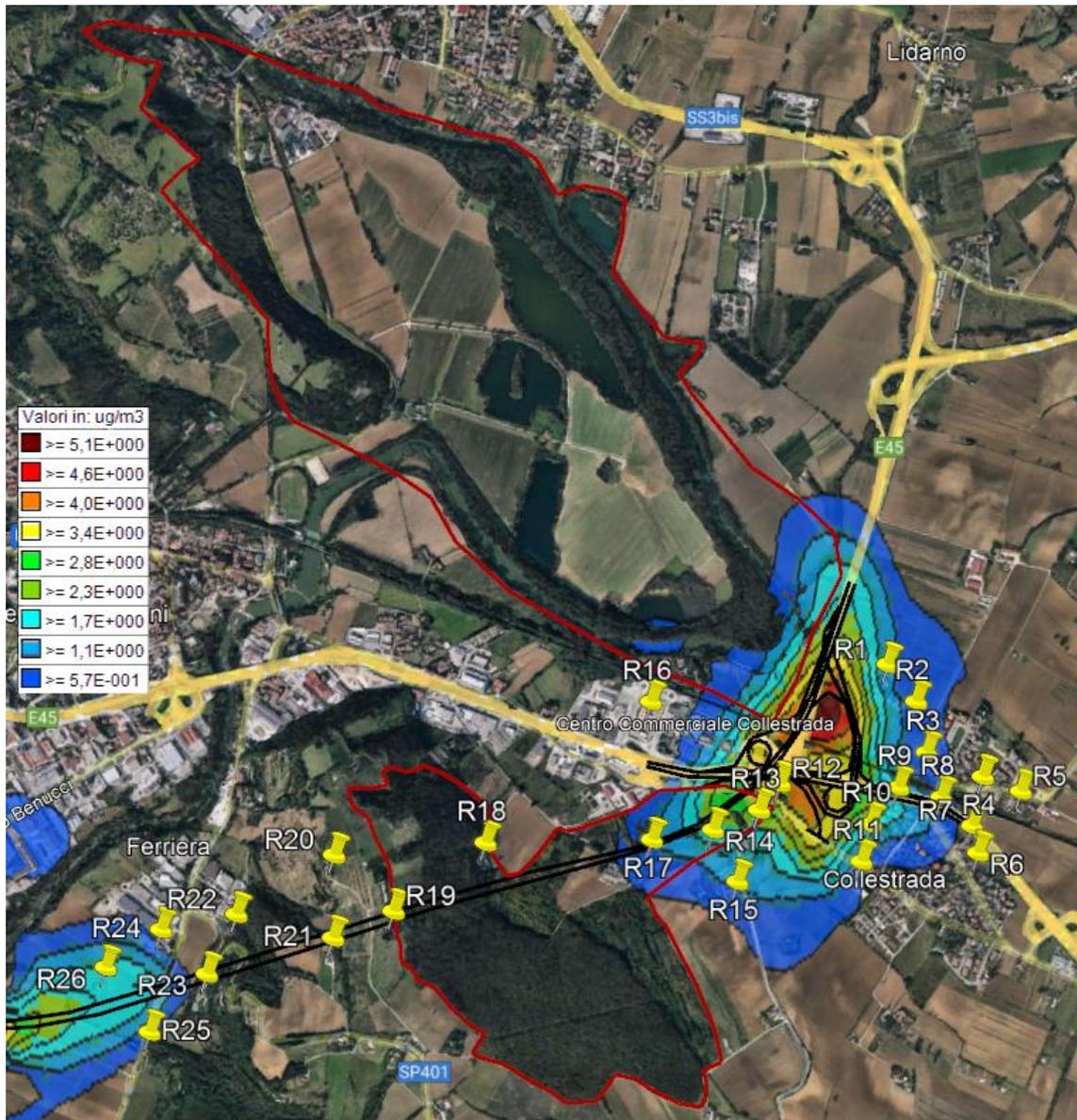


Figura X – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodo di Perugia sia R24, con una media aggiuntiva di $4,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il quale però non risulta all'interno delle aree SIC evidenziate in rosso. Come si può notare dalla Figura 61, nelle zone vegetative di interesse non è previsto un elevato peggioramento, sempre inferiore a $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Di conseguenza, assumendo i valori attuali di NO_x leggermente maggiori rispetto a quelli di NO_2 , i medi annuali di NO_x risultano nettamente inferiori al limite normativo vigente di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, anche a seguito dell'esercizio sul Nodo di Perugia.

10.2.5. IMPATTI DI CANTIERE

Applicando le formule della metologia di stima di impatto per il calcolo delle emissioni diffuse di polveri indotte dalle attività di costruzione, nelle quattro macrocategorie considerate (movimentazione del materiale superficiale, erosione del vento dai cumuli, transito di mezzi su strade non asfaltate ed emissioni legate agli scarichi degli autocarri e dei mezzi d'opera), si può affermare che nei ricettori considerati, i valori di PM_{10} d'incremento sulla condizione attuale non

PROGETTAZIONE ATI:

superano in media i $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sommando questo valore al fondo attuale nella zona del Nodo di Perugia, anche se variabile a seconda della stagionalità, il contributo risulta trascurabile e non tale da provocare superamenti del limite normativo vigente di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto concerne le emissioni di NO_2 dovute al cantiere, si suppone che questi siano eventi puntuali corrispondenti al transito dei mezzi di cantiere o di operatività di cantiere, e non continui così come quelle simulate per l'esercizio del Nodo di Perugia. Di conseguenza, si presume che questi abbiano un impatto minimo sui ricettori considerati ed una ricaduta sulla media oraria di NO_2 della condizione attuale estremamente ridotta. Perciò, in media, il cantiere può provocare un incremento sul valore medio attuale di poche unità (minore a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$); inoltre, anche nel momento di maggiore lavorazione, l'impatto è sempre atteso sotto ai $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, perciò di molto inferiore al limite normativo vigente di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

11. MONITORAGGIO AMBIENTALE

Al fine di controllare gli effetti dell'opera, sia nella sua dimensione operativa che in quella realizzativa, sul contesto ed eventualmente attuare prontamente ulteriori interventi di mitigazione di impatti residui è stato redatto il piano di monitoraggio delle componenti ambientali.

Il PMA indica l'insieme dei controlli, effettuati periodicamente o in maniera continua, da attuarsi durante le fasi ante-corso-post operam, attraverso la rilevazione e misurazione nel tempo di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le componenti ambientali potenzialmente impattate, in modo significativo e negativo, dalla realizzazione e/o dall'esercizio dell'intervento in progetto. Il PMA, opportunamente esteso alle varie componenti coinvolte, prevede le modalità per la restituzione di dati continuamente aggiornati, fornisce indicazioni sui trend evolutivi e consente la misura dello stato complessivo dell'ambiente e del verificarsi di eventuali impatti non previsti nella fase progettuale. Nella redazione del PMA si è tenuto conto delle "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.)" (MATTM, MiBAC, ISRPA, rev 2014 e successivi aggiornamenti).

Un aspetto importante nella predisposizione di un Piano di Monitoraggio Ambientale consiste nell'identificazione delle componenti e degli indicatori ambientali più appropriati per descrivere compiutamente ed efficacemente gli effetti sul territorio delle attività di cantiere.

Tale analisi deve fare riferimento a due aspetti principali:

- le tipologie delle opere e delle attività di costruzione delle stesse;
- la situazione territoriale ed ambientale presente nell'area di intervento.

In questo quadro è stata operata una scelta che ha portato a concentrare l'attenzione delle attività di monitoraggio su quelle componenti e su quegli indicatori ambientali che, tra tutti quelli possibili, effettivamente possono fornire utili indicazioni nella gestione di questo cantiere.

Le fasi in cui ciascuna componente verrà monitorata dipendono dalla durata degli impatti previsti e dalle caratteristiche proprie di ogni matrice.

Tenendo presente tali scelte, si sono potute indagare e decidere le metodiche e le modalità di monitoraggio di ciascuna componente. Per ogni componente si sono effettuate scelte, ovviamente diverse, a seconda delle caratteristiche peculiari delle stesse, ma i criteri generali per il posizionamento dei punti di monitoraggio si possono ritenere comuni a tutte.

La scelta dei ricettori è basata sulla sensibilità e vulnerabilità alle azioni di progetto, sia per la tutela della salute della popolazione sia per la tutela dell'ambiente.

Per quanto riguarda le attività di misura, campionamento, analisi ed elaborazione dati, al fine di garantire la confrontabilità dei dati, saranno utilizzate le stesse metodiche su tutti i ricettori monitorati.

Si propone, pertanto, il monitoraggio delle seguenti componenti ambientali:

- atmosfera;
- suolo;
- rumore;
- acque superficiali;
- acque sotterranee;
- vegetazione.

12. ESPROPRI

Il Piano degli espropri dell'intervento progettuale, ricadente nel territorio dei comuni di Perugia e di Torgiano (PG), interesserà una superficie di circa 52,30 ha e le occupazioni delle aree non finalizzate all'esproprio interesseranno una superficie di circa 76,50 ha..

L'attività espropriativa, da espletarsi ai sensi del DPR n. 327/01 e smi, coinvolgerà le ditte catastali in conformità a quanto riportato all'impianto meccanografico dell'Agenzia delle Entrate, ricadenti all'interno di n. 14 fogli di mappa.

13. RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE

Per i principali servizi interferenti che interessano il tracciato in progetto si è condotto uno studio finalizzato alla loro individuazione. Il tracciato intercetta infrastrutture di servizio quali linee di distribuzione di energia elettrica e linee di comunicazione che, in particolari situazioni, costituiscono ostacolo alla realizzazione dell'opera e pertanto necessitano di risoluzione, la quale verrà concordata con l'Ente gestore nella successiva fase progettuale.

Lo studio si è articolato secondo le fasi di lavoro sotto elencate:

1. Analisi della cartografia disponibile (rilievo celerimetrico ed aerofotogrammetrico);
2. Analisi preliminare dei singoli servizi interferenti;
3. Rappresentazione grafica delle interferenze rilevate mediante planimetrie in scala 1:5.000;
4. Realizzazione di schede monografiche relative alle interferenze rilevate.

Di seguito si riporta un elenco dei servizi rilevati che interferiscono con gli interventi in progetto:

COD. INTERFERENZA	ENTE GESTORE	CORRISPONDENZA ENTE	TIPOLOGIA INTERFERENZA
GAS_001	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_002	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_003	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_004	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_005	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_006	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto

PROGETTAZIONE ATI:

GAS_007	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_008	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_009	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_010	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_011	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_012	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
GAS_013	2i Rete gas S.p.a	2iretegas@pec.2iretegas.it	Metanodotto
ILL_001	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_002	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_003	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_004	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_005	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_006	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_007	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_008	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_009	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_010	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_011	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_012	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_013	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_014	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_015	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_016	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_017	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_018	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_019	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_020	Amministrazione	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica

PROGETTAZIONE ATI:

	comunale		illuminazione
ILL_021	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_022	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_023	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_024	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_025	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_026	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_027	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_028	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_029	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_030	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_031	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_032	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_033	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_034	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_035	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_036	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_037	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_038	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_039	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_040	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_041	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_042	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_043	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_044	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione

PROGETTAZIONE ATI:

ILL_045	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_046	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_047	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_048	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_049	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_050	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_051	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_052	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_053	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_054	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_055	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_056	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_057	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_058	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_059	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_060	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_061	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_062	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_063	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_064	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
ILL_065	Amministrazione comunale	comune.perugia@postacert.umbria.it	Pubblica illuminazione
TEL_001	Telecom	telecomitalia@pec.telecomitalia.it	Linea telefonica interrata
TEL_002	Telecom	telecomitalia@pec.telecomitalia.it	Linea telefonica interrata
TEL_003	Telecom	telecomitalia@pec.telecomitalia.it	Linea telefonica interrata
AT_001	Terna	info@pec.terna.it	Linea elettrica aerea - alta

PROGETTAZIONE ATI:

			tensione
AT_002	Terna	info@pec.terna.it	Linea elettrica aerea - alta tensione
AT_003	Terna	info@pec.terna.it	Linea elettrica aerea - alta tensione
AT_004	Terna	info@pec.terna.it	Linea elettrica aerea - alta tensione
AT_005	Terna	info@pec.terna.it	Linea elettrica aerea - alta tensione
AT_006	Terna	info@pec.terna.it	Linea elettrica aerea - alta tensione
AT_007	Terna	info@pec.terna.it	Linea elettrica aerea - alta tensione
AT_008	Terna	info@pec.terna.it	Linea elettrica aerea - alta tensione
AT_009	Terna	info@pec.terna.it	Linea elettrica aerea - alta tensione
MT_001	Enel	e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it	Linea elettrica aerea - media tensione
MT_002	Enel	e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it	Linea elettrica aerea - media tensione
MT_003	Enel	e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it	Linea elettrica aerea - media tensione
BT_001	Enel	e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it	Linea elettrica aerea - bassa tensione
BT_002	Enel	e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it	Linea elettrica aerea - bassa tensione
BT_003	Enel	e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it	Linea elettrica aerea - bassa tensione
BT_004	Enel	e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it	Linea elettrica aerea - bassa tensione
BT_005	Enel	e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it	Linea elettrica aerea - bassa tensione

PROGETTAZIONE ATI:

BT_006	Enel	e-distribuzione@pec.e-distribuzione.it	Linea elettrica aerea - bassa tensione
IDR_001	Anas	anas.umbria@postacert.stradeanas.it	Presidio idraulico di piattaforma
IDR_002	Anas	anas.umbria@postacert.stradeanas.it	Presidio idraulico di piattaforma
IDR_003	Anas	anas.umbria@postacert.stradeanas.it	Presidio idraulico di piattaforma
IDR_004	Anas	anas.umbria@postacert.stradeanas.it	Reticolo idrografico superficiale
IDR_005	Anas	anas.umbria@postacert.stradeanas.it	Reticolo idrografico superficiale
IDR_006	Anas	anas.umbria@postacert.stradeanas.it	Reticolo idrografico superficiale
IDR_007	Anas	anas.umbria@postacert.stradeanas.it	Reticolo idrografico superficiale
IDR_008	Anas	anas.umbria@postacert.stradeanas.it	Reticolo idrografico superficiale
IDR_009	Umbria acque s.p.a	umbraacque@pec.umbraacque.com	Presidio idraulico di piattaforma
IDR_010	Umbria acque s.p.a	umbraacque@pec.umbraacque.com	Presidio idraulico di piattaforma
IDR_011	Privato	-	Pozzo idraulico
IDR_012	Umbria acque s.p.a	umbraacque@pec.umbraacque.com	Presidio idraulico di piattaforma

Tabella 5_Dati interferenze

14. CANTIERIZZAZIONE

14.1. LOCALIZZAZIONE AREE DI CANTIERE

I criteri generali adottati per l'individuazione delle aree di cantiere sono stati definiti in relazione alle seguenti priorità:

- ricercare localizzazioni in cui non ricadono coltivazioni di pregio (uliveti, frutteti e vigneti), al fine di evitare l'occupazione temporanea di suolo pregiato e successivi onerosi interventi di riqualificazione ambientale;
- ricercare aree in prossimità della strada in progetto o di strade locali ad essa facilmente connesse, al fine di individuare aree di stoccaggio facilmente raggiungibili dai mezzi di trasporto;
- individuare zone con caratteristiche morfologiche di adeguata estensione e modesta acclività, in modo da limitare le operazioni di sbancamento;
- evitare impatti su ricettori sensibili insediati in prossimità delle aree operative.

Di seguito si riportano degli stralci planimetrici illustrativi dell'ubicazione delle aree di cantiere suddivise in tratti di competenza (Tratto Svincolo di Madonna del Piano, tratto intermedio ad Ovest del Tevere, tratto intermedio ad Est del Tevere e Tratto a Nord del tracciato corrispondente allo svincolo di Collestrada).

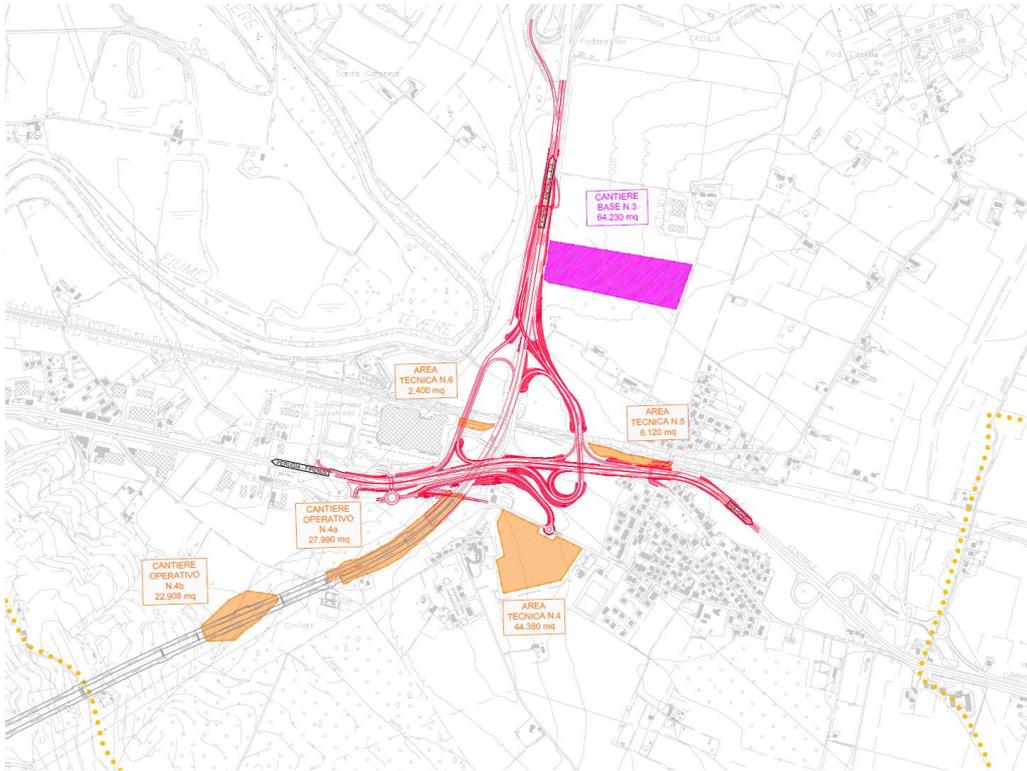


Figura 14-1 - Stralcio planimetrico del tratto a Nord del tracciato, corrispondente allo svincolo di Collestrada

- Cantiere Base n. 3: La sua posizione facilita la ricezione dei materiali provenienti dagli impianti di approvvigionamento ed il trasporto a recupero negli impianti autorizzati individuati nel Piano di Gestione delle Materie dei materiali in esubero. Esso è stato attrezzato e dimensionato per seguire le lavorazioni degli interventi che si susseguiranno nelle varie fasi nella zona dello svincolo di Collestrada.
- Area tecnica n. 6: designata alla gestione dei cantieri operativi nella parte dello svincolo di Collestrada relativi alle lavorazioni di seguito riportate.
 - Viadotto uscita Sud-Ovest (Cappio Ovest del Nodo di Collestrada) – FASE 1;
 - Viadotto ingresso (Cappio Ovest del Nodo di Collestrada) – FASE 2;
 - Viadotto sx e dx di Collestrada – FASE 2.
- Area tecnica n. 5: designata alla gestione dei cantieri operativi relativi alle lavorazioni di seguito riportate.
 - Viadotto Rampa di ingresso e uscita SS75 su Sv. di Collestrada – FASE 1.
- Area tecnica n. 4: designata alla gestione dei cantieri operativi relativi alle lavorazioni di seguito riportate.
 - Parte di Rot. Di Collestrada – FASE 1;
 - Cappio Est (fuori sede esistente) – FASE 1;
 - Uscita SS 75 – FASE 1;
 - Deviazione di Collestrada – FASE 1;
 - Parte restante di Rot. Collestrada – FASE 2;
 - Galleria Artificiale in uscita dalla GN (Cantiere operativo n. 4a) – FASE 2;
 - Riqualficazione ambientale (Cantiere operativo n. 4b) – FASE 2.
- Campo operativo n. 4a: area designata alla realizzazione della galleria artificiale – imbocco nord
- Campo operativo n. 4b: area tecnica per rimodellamento e rafforzamento sistema ecologico.

PROGETTAZIONE ATI:

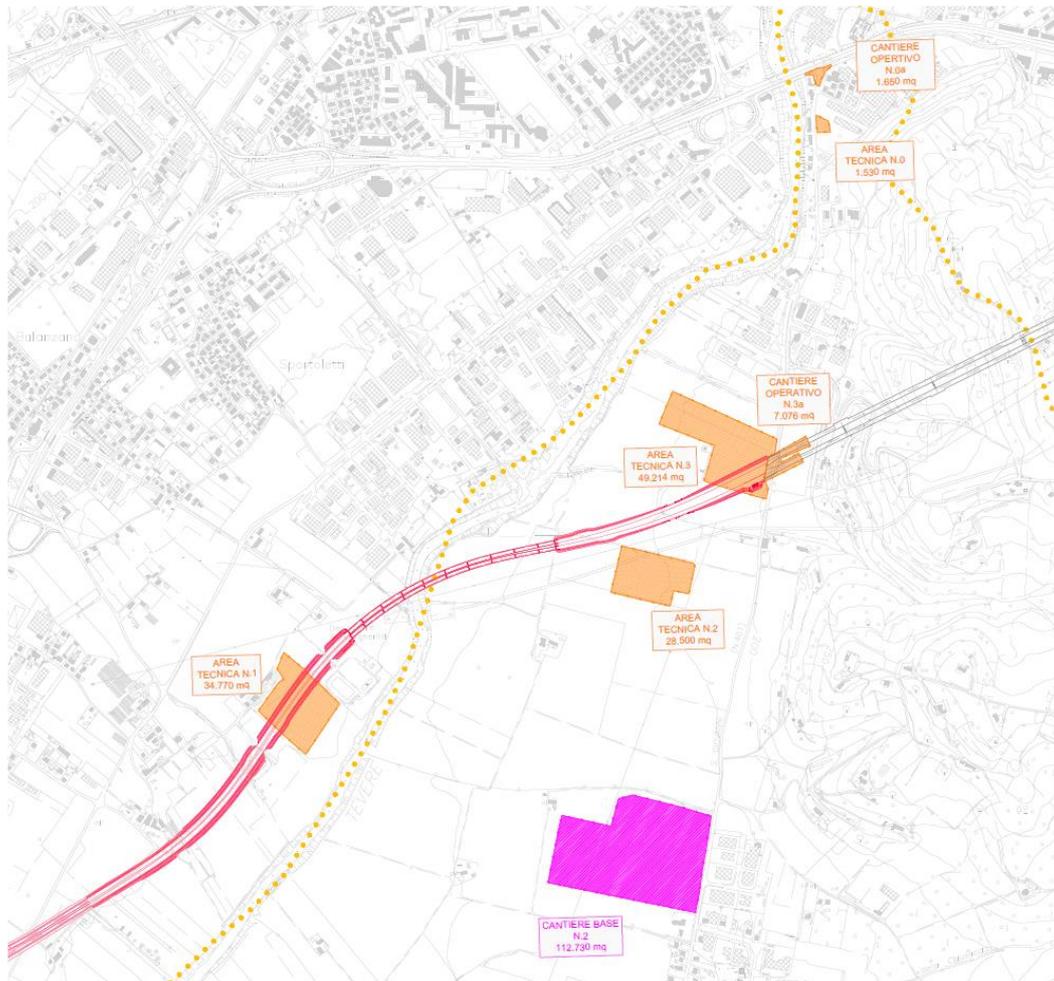


Figura 14-2 - Stralcio planimetrico del tratto intermedio ad est e ad ovest del Tevere

- Cantiere Base n. 2: la sua posizione è strategica per permettere un agevole trasporto dei materiali alle aree tecniche che dovranno sostenere le lavorazioni più complesse ed esose in termini di materie e tempo. Esso è stato attrezzato e dimensionato per seguire le lavorazioni degli interventi che si susseguiranno nelle varie fasi nella zona intermedia del tracciato. In particolare le Aree tecniche per le quali presterà servizio saranno l' AT2, AT3, AT0 e tutti i cantieri operativi posti tra la sponda Est del Tevere e la galleria naturale. Esso resterà attivo nelle fasi 1 e 2, fino alla fine dei lavori della galleria.
- Area tecnica n. 0: designata a seguire le lavorazioni di realizzazione della Rotatoria compatta DN32 nel comune di Torgiano, tra Via Ferriera e Via della Valtiera; sarà attiva all'inizio della fase 1.
- Campo operativo n. 0.a : area per l'organizzazione del traffico veicolare.
- Area tecnica n. 1: designata a seguire le lavorazioni nella parte bassa del tracciato ad Ovest del fiume, fino all'inizio del Viadotto Tevere. I cantieri operativi che dovrà gestire sono quelli relativi a:
 - Deviazione 2 e 3 – FASE 1;
 - Viadotto Tevere lato SO – FASE 1;
 - Tratto di rilevato da Deviazione 3 a Viadotto Tevere – FASE 2.
- Area tecnica n. 2: designata a seguire le lavorazioni nella parte intermedia del tracciato ad Est del fiume. In particolare l'area tecnica in questione gestirà i cantieri operativi relativi a:
 - Viadotto Tevere lato Nord-Est – FASE 1;

PROGETTAZIONE ATI:

- Tratto di rilevato e tratto in trincea da fine Viadotto Tevere ad AT3 – FASE 2.
- Area tecnica n. 3: le lavorazioni nella parte intermedia del tracciato dalla sponda Est del fiume fino ai lavori in galleria. In particolare l'area tecnica in questione gestirà i cantieri operativi relativi a:
 - Galleria artificiale all'ingresso della galleria naturale – FASE 1;
 - Ripristino del tratto di Via ferriera in corrispondenza dei lavori di scavo della G.A. – FASE 1;
 - Escavo della e realizzazione della Galleria Naturale – FASE 2;
 - Tratto dell'Asse principale in trincea, da pK 4+460 a pK 4+580 – FASE 3
- Campo operativo n. 3a: area designata alla realizzazione della galleria artificiale – imbocco sud.

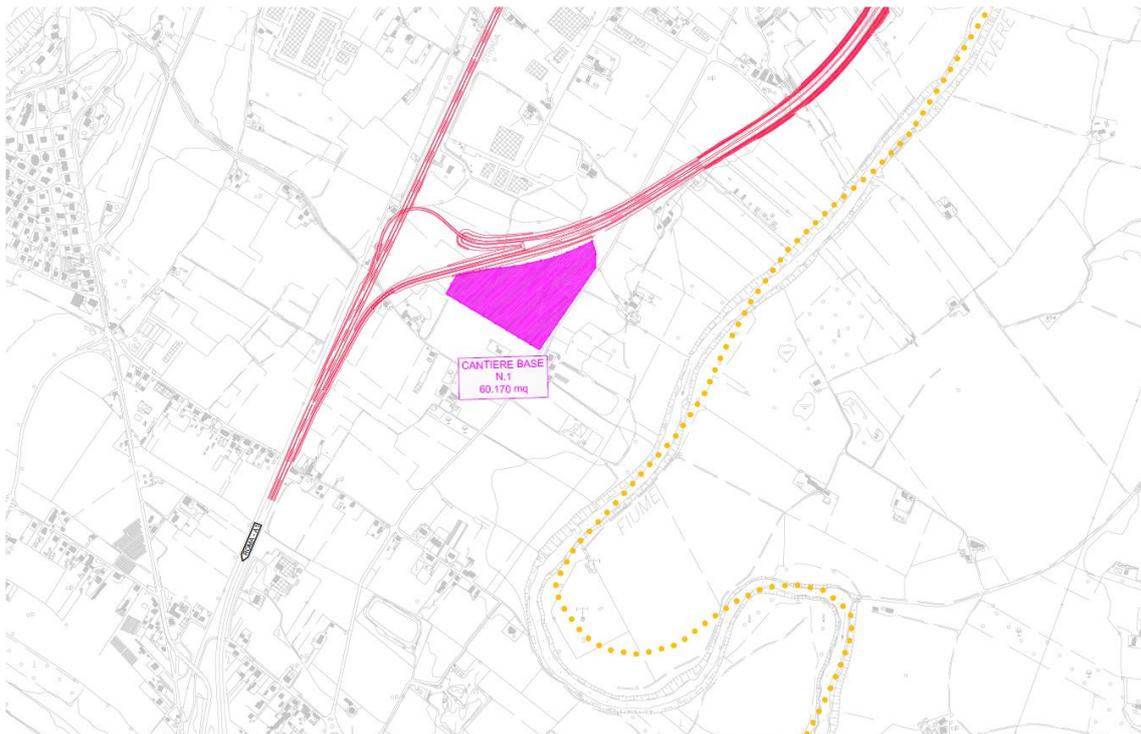


Figura 14-3 - Stralcio planimetrico del tratto svincolo Madonna del Piano

- Cantiere Base n. 1: le lavorazioni degli interventi che si susseguiranno nelle varie fasi nella zona ad Ovest del Tevere. In particolare le Aree tecniche per le quali presterà servizio saranno l' AT1, AT6 e tutti i cantieri operativi posti a Ovest del fiume. I cantieri operativi che dovrà gestire saranno quelli relativi ai lavori di:
 - Realizzazione della Deviazione n. 1 – FASE 1;
 - Svincolo di MdP, ingresso ed uscita – FASE 1;
 - Tratto di rilevato del Nodo di MdP tra l'inizio dell'asse principale e le rampe in ingresso ed in uscita dall'E45 – FASE 2;
 - Tratto di rilevato da Deviazione 1 a Deviazione 2 – FASE 2;
 - Lavorazioni di adeguamento della sede esistente su svincolo di MdP (carreggiata in direzione Perugia Firenze) – FASE 2;
 - Lavorazioni di adeguamento della sede esistente su svincolo di MdP (carreggiata in direzione Firenze-Perugia) – FASE 3;
 - Lavorazioni di adeguamento su Deviazione 1 (Via del Commercio) – FASE 3.

Esso resterà attivo in tutte le fasi, fino alla fine delle lavorazioni.

PROGETTAZIONE ATI:

Le aree di cantiere previste sono di quattro tipologie:

- Cantieri base, di maggiore estensione, sono localizzati nei punti strategici del tracciato, per facilitare l'approvvigionamento dei materiali da parte delle aree tecniche e dai cantieri operativi e mobili.
Sono aree adibite al trattamento dei materiali, allo stoccaggio delle forniture più voluminose, Sono attrezzate con uffici, spogliatoi, servizi, mensa, dormitori, magazzini, officine, etc;
- Aree tecniche temporanee, di maggiore estensione, localizzate in corrispondenza delle opere principali, attivi fino a realizzazione ultimata.
Sono attrezzate in funzione delle lavorazioni previste e in maniera più o meno completa con uffici, spogliatoi, servizi, mensa, magazzini, officine, etc;
- Cantieri operativi, delimitano le aree di progetto interessate dalle lavorazioni, esse comprendono l'ingombro delle aree di progetto più una fascia aggiuntiva esterna di circa 3 m, ove necessario, per consentire le lavorazioni al piede dei rilevati stradali.
- Cantieri mobili, di minore estensione, sono i cantieri che interessano le lavorazioni di adeguamento del tracciato esistente; essi prevedono la lavorazione di una careggiata alla volta e quindi presuppongono tratti con restringimento di carreggiata e doppio senso di circolazione.

14.2. TEMPI E FASI DI ESECUZIONE

Al fine di limitare quanto più possibile l'impatto della realizzazione delle opere e non generare eccessivi disservizi alla cittadinanza, il presente progetto ha valutato nel dettaglio soluzioni di carattere compensativo da attuare durante la cantierizzazione degli interventi.

In particolare: le opere d'arte con funzione veicolativa del traffico (punti di snodo, svincoli, rotatorie, rampe d'accesso e di uscita, strade secondarie di accesso ad aree private o zone industriali, hanno priorità realizzativa rispetto ai tratti di adeguamento in sede e alle opere d'arte maggiori e minori. Questo permette una distribuzione omogenea del transito di mezzi pesanti nella circolazione ordinaria e nei tratti a senso unico alternato.

Durante la cantierizzazione di tali opere saranno utilizzate le viabilità alternative indicate negli inquadramenti planimetrici relativi alla fasizzazione, che come si evince sono rappresentate da strade comunali locali per le quali sono stati previsti degli interventi di risanamento delle pavimentazioni, come ad esempio la rigenerazione dei tappeti di usura, laddove presenti e, nella maggior parte dei casi, essendo in terra battuta dovranno essere adeguate nelle geometrie planimetriche e altimetriche tramite esecuzione di ricariche/rappezzi localizzati con misto stabilizzato (qualora sterrate) e allargamenti. Detti interventi saranno comunque da approfondirsi nella successiva fase progettuale.

Come già anticipato, sono state previste tre fasi principali.
Prima di queste è prevista una FASE 0 di inizializzazione.

FASE 0

La fase 0 comprende tutte le operazioni di accantieramento, con la predisposizione dei cantieri base e delle aree tecniche previste per la fase 1.

Successivamente si procederà all'adeguamento di tutte le viabilità alternative non asfaltate, le ricuciture previste per bypassare le aree in lavorazione e dare continuità alla viabilità esistente, la realizzazione di nuovi accessi sia temporanei che definitivi.

Prima dell'inizio dei lavori effettivi dovranno essere aperte le piste di cantiere all'interno dei Cantieri operativi.

Inoltre, dovranno essere adeguate tutte le viabilità di esterne al cantiere nelle geometrie e con adeguati trattamenti.

PROGETTAZIONE ATI:

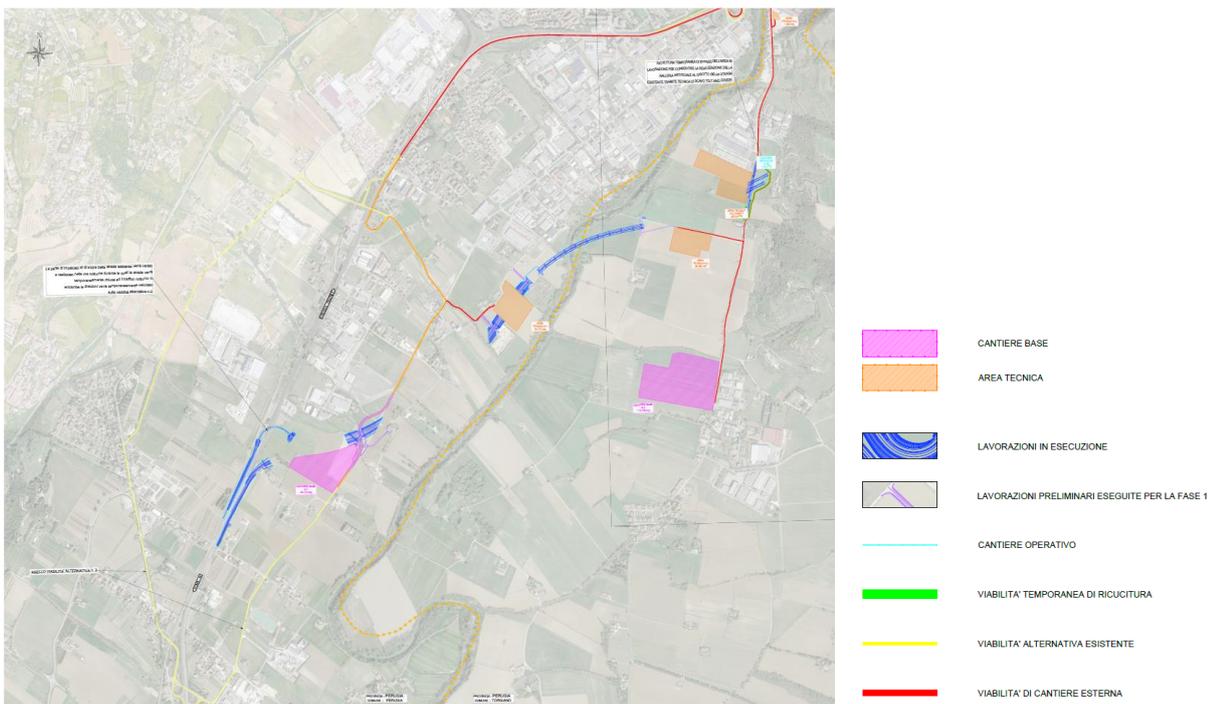
FASE 1

In fase 1 si procederà alla realizzazione di:

- Tutti i sottopassi scatolari (Devizioni 1, 2, 3 e sottopasso scatolare della Rampa di uscita a Sud-Est su Sv. di Collestrada) necessari a dare continuità alle strade secondarie di accesso ad abitazioni private e porzioni di rilevato di copertura degli stessi;
- Rot Compatta DN 32 a Torgiano, tra Via della Valtiera e Via Ferriera;
- Tratti fuori sede degli svincoli. in ingresso e in uscita del Nodo di Mdp.;
- La G.A. all'imbocco della G.N. necessaria al mantenimento in esercizio della strada sovrastante nelle fasi successive;
- Il viadotto "Tevere";
- Parte esterne ai sedimi esistenti di Rot. Di Collestrada;
- Uscita SS 75 del Nodo di Collestrada - Cappio Est del Nodo di Collestrada;
- Deviazione di Collestrada - Cappio Est del Nodo di Collestrada;
- Viadotto dello Svincolo di Collestrada;
- Viadotti-Rampa in ingresso e in uscita della SS75 su Sv. di Collestrada;
- Viadotto uscita Sud-Ovest – Cappio Ovest del Nodo di Collestrada;
- Realizzazione della rampa bidirezionale – Cappio Est del Nodo di Collestrada;
- Uscita Nord ed immissione Nord – Cappio Ovest del Nodo di Collestrada;
- Viadotto di uscita Sud-Ovest – Cappio Ovest del Nodo di Collestrada;
- Viadotto di uscita Sud-Est – Cappio Ovest del Nodo di Collestrada.

Per quanto riguarda le viabilità alternative dedicate ai mezzi ordinari, è stata individuata quella più adatta in termini di dimensioni e sviluppo (Viabilità alternativa n.2), la quale sarà utilizzata durante ore notturne per consentire il varo ed il montaggio della parte di impalcato che sormonta l' E45 nel tratto del Nodo di Madonna del Piano.

Si dovrà avere cura, alla fine della fase rappresentata, di realizzare preventivamente le ricuciture previste per la fase successiva, così come l'adeguamento delle viabilità alternative e le viabilità di cantiere per permettere il corretto svolgimento delle lavorazioni come pianificato nella successiva fase progettuale.



PROGETTAZIONE ATI:

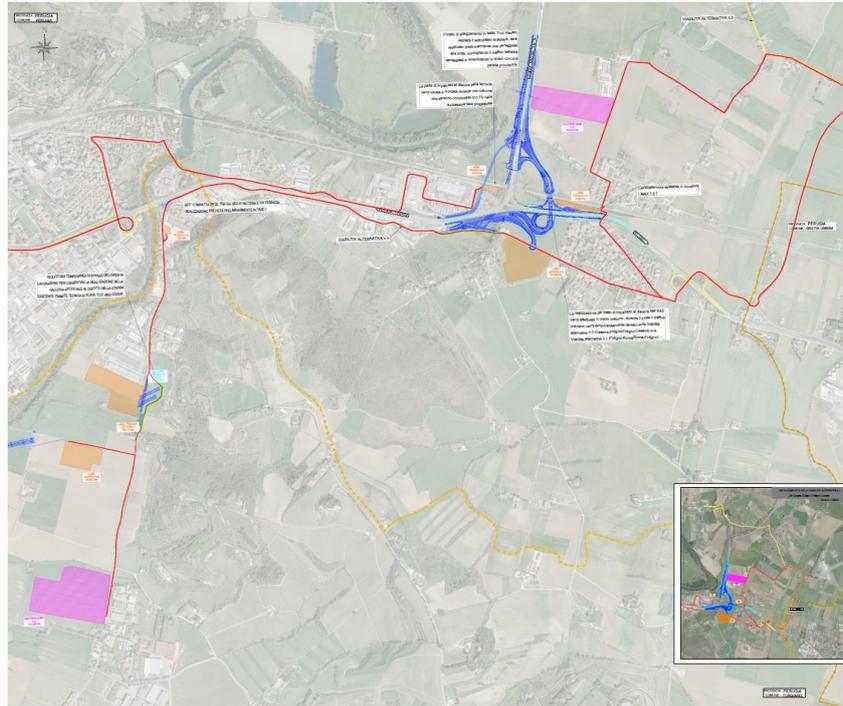


Figura 14-4 – Fase 0 e Fase 1

FASE 2

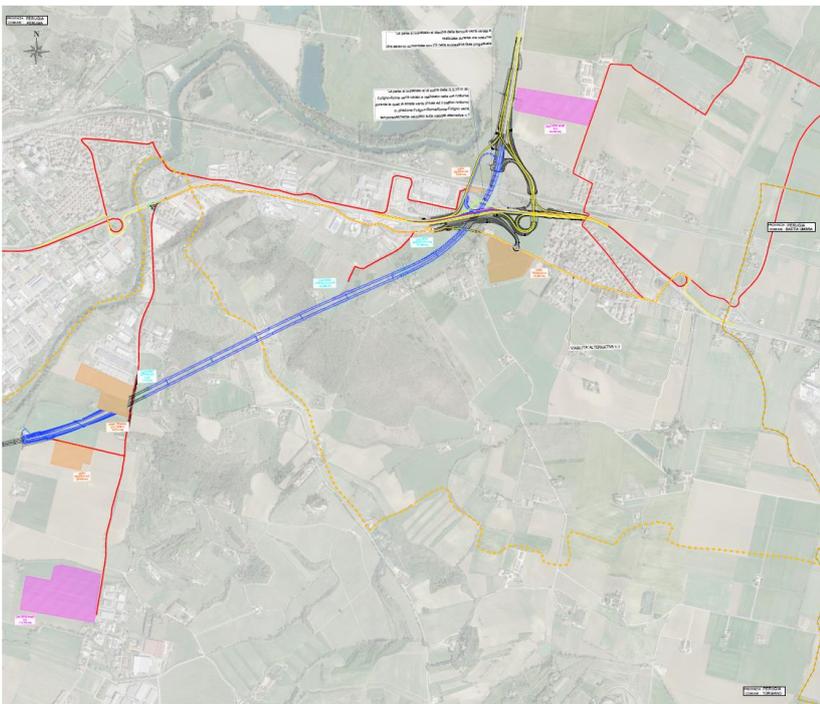
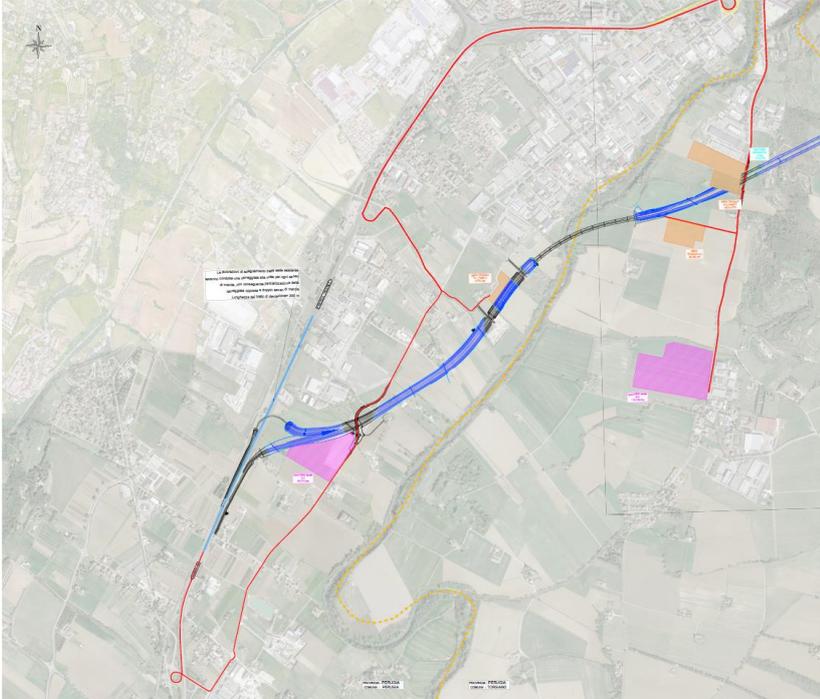
In fase 2 si procederà alla realizzazione di:

- Adeguamento della carreggiata in direzione Perugia - Firenze su Nodo di Mdp; la viabilità verrà mantenuta convogliando il traffico sulla carreggiata adiacente con un doppio senso di circolazione per circa 300m;
- Tratto di rilevato del Nodo di Mdp tra inizio dell'asse principale e rampe d'ingresso e uscita dall'E45;
- Tratto di rilevato dell'Asse principale da "Deviazione 1" a "Deviazione 2";
- Tratto di rilevato dell'asse principale, da "Deviazione 2" a "deviazione 3";
- Tratto di rilevato dell'Asse principale, da "Deviazione 3" a inizio Viadotto Tevere;
- Tratto di rilevato dell' Asse principale, da fine Viadotto Tevere ad A.T 3;
- Realizzazione escavo della galleria naturale tramite metodologia tradizionale; l'escavo della seconda fornice verrà iniziato circa 45 giorni dopo la prima;
- Realizzazione della restante parte della Rot. Di Collestrada;
- Realizzazione delle Gallerie Artificiali in uscita dalla G.N.;
- Realizzazione dei lavori di riqualificazione ambientale su A.T.4°;
- Realizzazione Viadotto di Collestrada dell'E45 (sx e dx): le parti di impalcato al disopra della ferrovia verranno montate durante ore notturne, in specifiche fasce orarie, le quali verranno concordate con FS nella successiva fase progettuale. Allo stesso modo, la parte di impalcato al di sopra della S.S.75 in dir Foligno-Roma verrà varata e realizzata anch'essa in ore notturne durante le quali la strada verrà chiusa ed il traffico notturno in direzione Foligno-Roma/Roma-Foligno verrà temporaneamente veicolato sulla viabilità alternativa n.1;
- Viadotto in ingresso del Cappio Ovest del Viadotto di Perugia;
- Realizzazione del Cappio Ovest di Collestrada: in questo caso è stata individuata una ricucitura interna al cappio esistente con raggio di curvatura di circa 50° che sarà utilizzata

PROGETTAZIONE ATI:

esclusivamente dagli utenti provenienti da Foligno e diretti a Roma. Essa sarà realizzata nella parte conclusiva della precedente fase costruttiva.

Si sottolinea che, anche in questa fase, nella parte conclusiva, si dovranno realizzare preventivamente le ricuciture previste per la fase successiva, così come l'adeguamento delle viabilità alternative e le viabilità di cantiere per permettere il corretto svolgimento delle lavorazioni come pianificato nella successiva fase progettuale.



-  CANTIERE BASE
-  AREA TECNICA
-  LAVORAZIONI IN ESECUZIONE
-  LAVORAZIONI COMPLETE
-  CANTIERE OPERATIVO
-  VIABILITA' TEMPORANEA DI RICUCITURA
-  VIABILITA' ALTERNATIVA ESISTENTE
-  VIABILITA' DI CANTIERE ESTERNA

Figura 14-5 – Fase 2

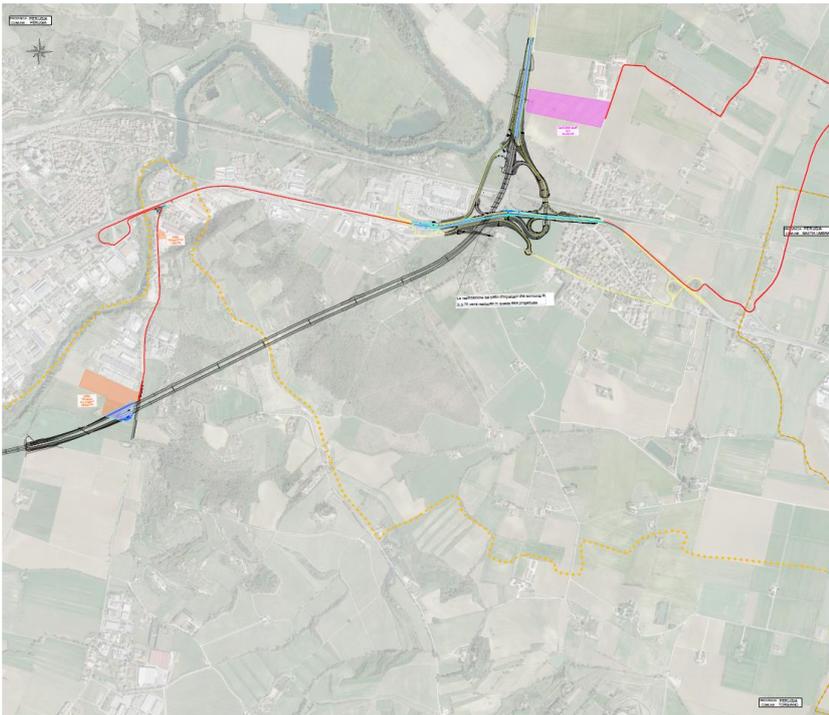
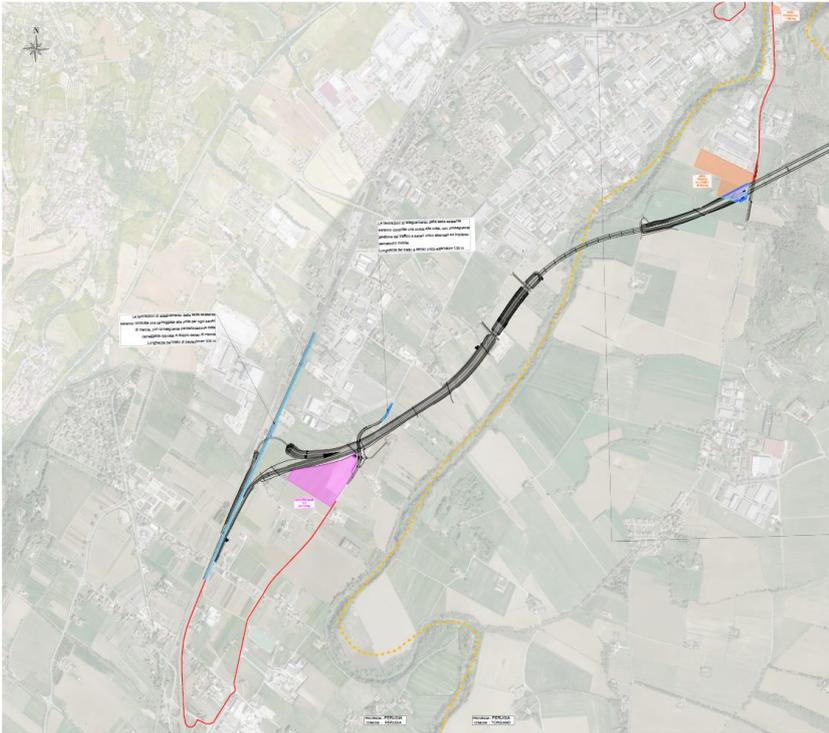
PROGETTAZIONE ATI:

FASE 3

In fase 3 si procederà alla realizzazione di:

- Lavorazioni di adeguamento su Nodo di MdP della carreggiata in direzione Firenze - Perugia; la viabilità verrà mantenuta in esercizio con conseguente parzializzazione dei sensi di marcia sulla carreggiata adiacente per circa 300m;
- Lavorazioni di adeguamento su Via del Commercio per "Deviazione 1"; le operazioni saranno condotte una corsia alla volta, con conseguente gestione del traffico a senso unico alternato ed impianto semaforico mobile.
Lunghezza del tratto a senso unico-alternato = 130 m;
- Realizzazione di rilevato nel tratto di Asse principale da pK 4+460 a pK 5+580;
- Adeguamento dell'esistente E45 su Nodo di Collestrada in direzione Perugia-Foligno e Perugia-Cesena, con obbligo di uscita in direzione del Centro urbano di Collestrada;
- Adeguamento del tratto di E45 su Nodo di Collestrada in direzione Cesena-Perugia e Cesena-Foligno, con obbligo di uscita su "Viadotto uscita Sud-Ovest" (Cappio Ovest del Nodo di Collestrada) o uscita su "Viadotto uscita Sud-Est" (Cappio Ovest del Nodo di Collestrada);
- Adeguamento della porzione di carreggiata dell'E45 in direzione Perugia-Foligno, 40 metri prima dell'uscita per loc. Collestrada;
- Adeguamento della porzione di carreggiata dell' E45 in dir. Cesena-Perugia, 40 m prima dell'uscita per Centro Commerciale Collestrada. Lo svincolo del Centro commerciale verrà mantenuto in esercizio. La carreggiata adiacente allo svincolo subirà un restringimento ad una corsia per una lunghezza di 60m.

La suddivisione delle fasi è stata effettuata tenendo in considerazione sia le tempistiche di realizzazione delle singole opere che l'eventuale contemporaneità tra lavorazioni della stessa tipologia: si è cercato infatti di ottimizzare i tempi senza creare sovrapposizioni di attività non gestibili dalle imprese, nonché consentendo l'utilizzo dei tratti già realizzati come viabilità provvisorie per bypassare quelle interdette durante le lavorazioni.



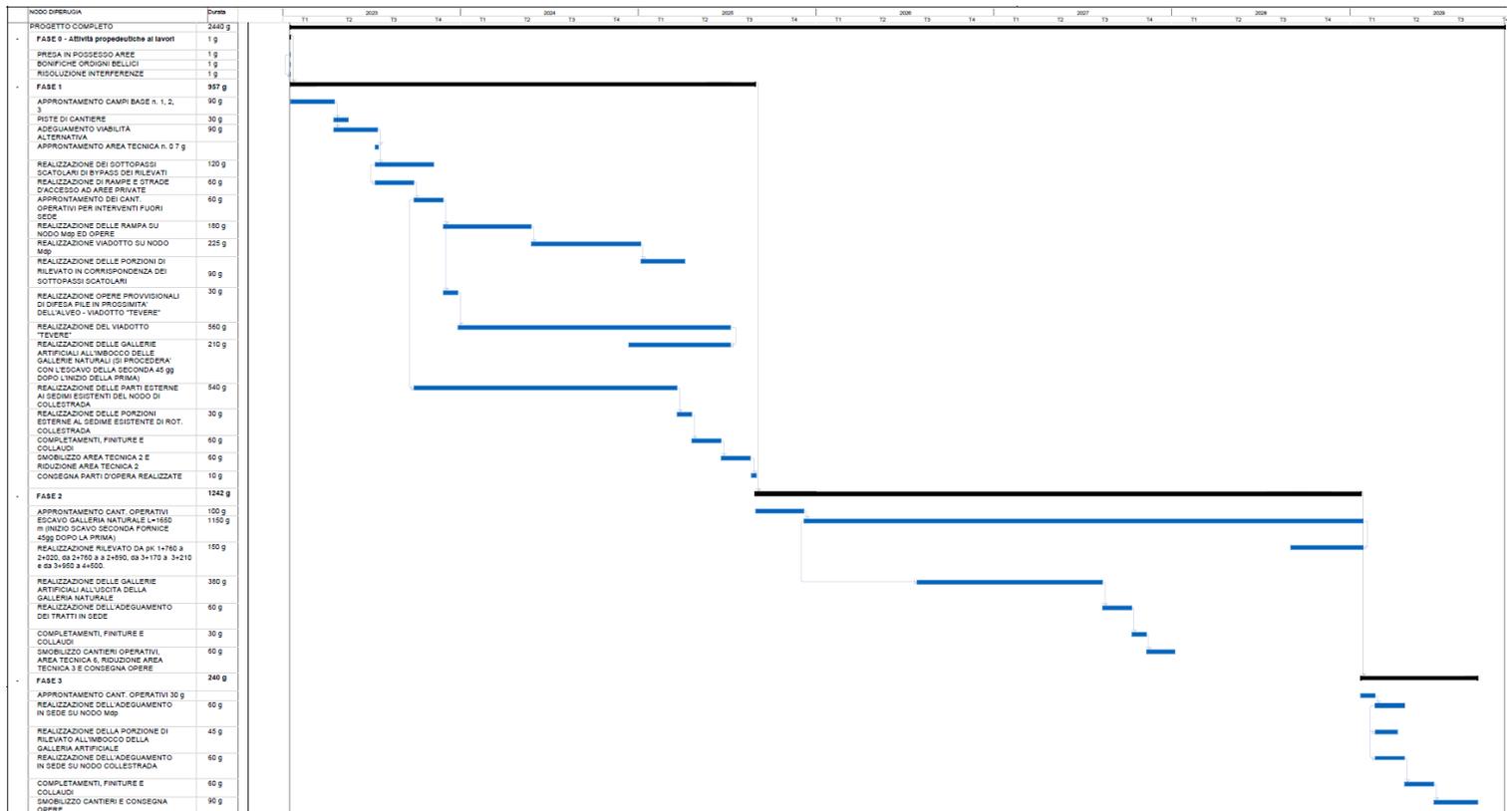
-  CANTIERE BASE
-  AREA TECNICA
-  LAVORAZIONI IN ESECUZIONE
-  LAVORAZIONI COMPLETATE
-  CANTIERE OPERATIVO
-  VIABILITA' TEMPORANEA DI RICUCITURA
-  VIABILITA' ALTERNATIVA ESISTENTE
-  VIABILITA' DI CANTIERE ESTERNA

Figura 14-6 – Fase 3

PROGETTAZIONE ATI:

Per la realizzazione dell'intero progetto si prevede un periodo di tempo complessivo di 2440 giorni, come meglio descritto nel cronoprogramma parte del presente progetto, in cui sono specificati tutti i dettagli delle fasi operative.

Di seguito, si riporta il cronoprogramma sintetico di tutte le principali lavorazioni.



15. PIANO DI UTILIZZO TERRE

In fase di progettazione è stato redatto il Piano di Utilizzo delle Terre in accordo all'art. 9, allegato 5 del D.P.R. del 13 giugno 2017, n. 120.

Il piano di utilizzo prevede le seguenti modalità di gestione delle terre e rocce da scavo:

- Riutilizzo come sottoprodotto (*reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali, ripristini e miglioramento ambientali, in processi produttivi in sostituzione dei materiali da cava*) – TUA Art. 184bis, DPR 120/2017 art. 4-22;
- Operazioni di recupero / rifiuto – TUA Parte IV, DPR 120/2017 art.23

16. BONIFICA ORDIGNI BELLICI

La valutazione della necessità della Bonifica da Ordigni Bellici viene eseguita in questa fase di progetto definitivo in ottemperanza alle prescrizioni del D. Lgs. 81/08 e ai sensi della Direttiva Tecnica Bonifica Bellica Sistemática Terrestre del 2017.

PROGETTAZIONE ATI:

Con riferimento alle analisi effettuate, stante l'impossibilità di escludere completamente l'ipotesi di ritrovamento e viste le previsioni di legge, si ritiene necessario effettuare la bonifica con interessamento di tutta la superficie di occupazione dell'intervento e delle aree di cantierizzazione.

In considerazione del tipo di mezzi che vengono impiegati per le lavorazioni e tenuto conto delle profondità di scavo, si ritiene di intervenire con le seguenti tecniche di bonifica:

- Taglio della vegetazione erbacea ed arbustiva che dovesse ostacolare la corretta esecuzione della bonifica;
- Bonifica superficiale da ordigni residuati bellici, fino a m 1,00 di profondità dal piano campagna;
- Bonifica profonda effettuata mediante trivellazioni spinte fino a m 3.00, delle aree interessate dai lavori di ogni tipo, comprese quelle di cantiere;
- Bonifica profonda effettuata mediante trivellazioni spinte fino a m 7.00 di profondità dal piano campagna con garanzia di m 1.00 oltre tale profondità, in corrispondenza di scavi profondi o sottofondazioni.

Nei casi in cui le aree oggetto dei lavori intercettino corsi d'acqua naturali e/o artificiali, alcune delle attività di bonifica verranno svolte in acqua, utilizzando metodi e componenti all'uopo previsti.

17. COSTI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA

Il presente progetto comprende gli elaborati economici e di computo aggiornati al prezziario ANAS 2022 rev.2. Si rinvia a detti elaborati per i dettagli.