REGIONE LIGURIA
DIPARTIMENTO PROGRAMMI REGIONALI, PORTI, TRASPORTI, LAVORI PUBBLICI ED EDILIZIA
Settore Progetti Infrastrutture Viabilità Porti e Logistica

Anas S.p.A.
Direzione Centrale Progettazione

InfrastruttureLiguria
GRUPPO FILSE

CONVENZIONE DEL 14 SETTEMBRE 2009 TRA REGIONE LIGURIA E INFRASTRUTTURE LIGURIA S.R.L. PER LA REALIZZAZIONE DI ATTIVITÀ PER L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA DI STUDI E PROGETTAZIONI INFRASTRUTTURALI STRATEGICHE

Oggetto:

VARIANTE DI TRACCIATO ALLA S.S.1 AURELIA – CAPO NOLI
PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Doc. n: 02A\DEF\GNR\R003

Rev.	Data	Sez.	Pag.	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
1	15/11/11	8	52	IL	FB	SB	Per Emissione
2	20/07/12	8	53	IL	FB	SB	Per Emissione

Spazio riservato alla codifica ANAS

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
DP GE05 D 11 01	T 00 EG 00 GEN RE 02	*Ing. Nicola Dinnella*

INDICE

1 INTRODUZIONE 4
2 CARATTERIZZAZIONE TECNICA DELL'AREA DI STUDIO 5
2.1 TOPOGRAFIA DEL TERRITORIO 5
2.2 GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO 5
2.3 GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA 6
2.3.1 Il Contesto Geologico – Stratigrafico Generale 6
2.3.2 Lo Scenario Tettonico e Strutturale Di Capo Noli 7
2.3.3 Caratteri idrogeologici generali 7
2.4 INDAGINI GEOTECNICHE 8
2.5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 9
2.6 ASPETTI IDROLOGICI 10
2.6.1 Stato di fatto 10
2.6.2 Analisi idrologica 11
2.7 ASPETTI SISMICI 11
3 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO 13
3.1 ASPETTI NORMATIVI 13
3.2 GEOMETRIA DELL'ASSE 15
3.2.1 Andamento planimetrico 15
3.2.2 Andamento altimetrico 16
3.3 VERIFICHE DI TRACCIATO 17
3.3.1 Diagramma di velocità 17
3.3.2 Verifiche dinamiche e cinematiche degli elementi geometrici 19
3.3.3 Verifiche di visibilità 22
3.4 SEZIONI TIPOLOGICHE 23
3.5 SISTEMAZIONE DELLA VIABILITÀ INTERFERITA 25
3.6 SOVRASTRUTTURA STRADALE 27
3.7 BARRIERE DI SICUREZZA E SEGNALETICA 27
3.8 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO 29
4 DESCRIZIONE DELLE OPERE D'ARTE E DEGLI IMPIANTI 33
4.1 GALLERIA NATURALE 33
4.2 OPERE D'ARTE MINORI 36

4.2.1 Zona imbocco lato Noli 36
4.2.2 Zona imbocco lato Finale 38
4.3 OPERE IDRAULICHE 38
4.3.1 Sistemazione del Rio Prete Bernardini 39
4.3.2 Sistema di smaltimento dei liquidi e delle acque di piattaforma 40
4.4 OPERE A VERDE 41
4.5 MISURE STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IN GALLERIA 41
4.6 IMPIANTI TECNOLOGICI E DI SICUREZZA 43
5 INTERFERENZE CON LE RETI TECNOLOGICHE ESISTENTI 45
5.1 STATO DI FATTO 45
5.2 PROGETTO DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE 46
6 ASSETTO PATRIMONIALE DELLE AREE INTERESSATE DAL PROGETTO 49
7 CANTIERIZZAZIONE DELL'OPERA 51
8 GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO 53

Figure in calce al testo:

Figura 3.1: Verifiche di tracciato degli elementi geometrici e diagramma di velocità
Figura 3.2: Triangoli di visibilità nell'accesso per la sistemazione della viabilità interferita

1 INTRODUZIONE

La presente relazione riporta la sintesi degli aspetti di progettazione specialistici del progetto.

Nel Capitolo 2 è riportata la caratterizzazione tecnica dell'area di studio dal punto di vista geomorfologico, geologico e idrogeologico e sono riassunte le attività di indagine seguite (aspetti sviluppati nel dettaglio Relazione Geologica) e la valutazione degli aspetti idrologici salienti (sviluppati nel dettaglio nella Relazione Idrologico-idraulica).

Nel Capitolo 3 viene riportata la descrizione dettagliata degli aspetti legati alla progettazione stradale, in cui vengono puntualmente riportate le caratteristiche plano altimetriche dell'opera in progetto e le verifiche eseguite, le sezioni tipo previste, la descrizione del pacchetto stradale e delle barriere di sicurezza. Nello stesso capitolo viene descritta la soluzione sviluppata per garantire il raccordo della nuova infrastruttura alla viabilità esistente in modo tale da garantire l'accessibilità alla viabilità interferita.

All'interno del successivo Capitolo 4 l'opera viene descritta l'opera in progetto da un punto di vista tecnico-realizzativo, analizzando sia l'opera principale in galleria, sia le opere d'arte minori necessarie alla realizzazione degli imbocchi e della sistemazione della viabilità interferita.

Nei successivi capitoli vengono trattati gli aspetti di relazione dell'infrastruttura con il contesto territoriale e ambientale: il Capitolo 5 descrive la risoluzione delle interferenze con i sottoservizi, il Capitolo 6 gli aspetti di carattere patrimoniale, il Capitolo 7 le soluzioni ipotizzate per la cantierizzazione dell'opera, infine il Capitolo 8 il tema della gestione dei materiali di scavo.

2 CARATTERIZZAZIONE TECNICA DELL'AREA DI STUDIO

Nel presente Capitolo 2 viene riportata la caratterizzazione tecnica dell'area di studio dal punto di vista topografico (Paragrafo 2.1), geomorfologico (Paragrafo 2.2), geologico e idrogeologico (Paragrafo 2.3) e sono riassunte le attività di indagine seguite (Paragrafo 2.4). Vengono quindi riportati la caratterizzazione geotecnica degli ammassi attraversati dal tracciato di galleria (Paragrafo 2.5) e gli aspetti idrologici salienti relativi al Rio Prete Bernardini, unico bacino interferente con l'asse di progetto (Paragrafo 2.6).

2.1 TOPOGRAFIA DEL TERRITORIO

Al fine di procedere alla progettazione delle opere con il livello di precisione grafica adeguata ai livelli di progettazione richiesti, si è proceduto a far eseguire un rilievo topografico rappresentante le aree oggetto di intervento con restituzione in scala 1:200 e definizione di dettaglio delle aree di imbocco. Per maggiori dettagli sulle modalità di esecuzione del rilievo si veda la specifica Relazione sui rilievi plano altimetrici.

Al fine della progettazione del tratto di percorso ciclabile e pedonale di raccordo con la passeggiata a mare di Noli, essendo questa parte di progetto subentrata successivamente alla redazione dei suddetti rilievi topografici, si è provveduto ad integrare l'area interessata con un rilievo di recente esecuzione messo a disposizione dal Comune di Noli.

Le planimetrie di progetto delle aree di imbocco sono state redatte sulla base dei rilievi: esclusivamente per ragioni grafiche le aree non coperte dal rilievo topografico (non direttamente interessate dal progetto) sono state rappresentate ricorrendo alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000.

Come base della progettazione dei tracciati a livello planimetrico e altimetrico, si è eseguita la ricostruzione di un modello tridimensionale del terreno creato con il software Civil Design 8.0 (Digital Terrain Model 3D), basato sui punti rilevati mediante rilievo celerimetrico a terra per le zone interessate da opere esterne (*Tavola T2*) e della CTR per le restanti aree.

2.2 GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO

L' assetto geomorfologico di Capo Noli è fortemente controllato da tre essenziali fattori :

- la predominanza di rocce calcaree e dolomitiche soggette a fenomeni di carsismo superficiale e profondo più o meno intensi e strutturate lungo una sorta di altopiano morfologico sopraelevato rispetto al livello medio marino di oltre 200 – 250 m (altopiano delle Manie);
- la forte tettonizzazione;
- la condizione di aggetto sul mare con la tipica presenza di falesie verticali o sub verticali.

L'altopiano delle Manie si pronuncia con un ben delineato contrafforte (Capo Noli) dotato di asse disposto circa SW → NE (individuabile lungo la direttrice Monte Capo Noli → La Torretta) inciso – lungo la medesima direzione – verso nord dal Rio di Preti Bernardini (posto in corrispondenza con il contatto tettonico tra i terreni dolomitici e le quarziti).

Lungo tutto il fronte meridionale e la stessa arcuatura di Capo Noli troviamo una estensione pluriettometrica di falesie verticali-subverticali.

Risulta evidente la intensa estensione all'interno di Capo Noli di elementi morfologici legati all'ambiente carsico, particolarmente interessanti ai fini progettuali appaiono le forme morfologiche di corona del capo ossia quelle legate a concause a carattere misto gravitativo-carsico, in particolare è stato individuato un terrazzo carsico

interposto tra la zona Le Cave e il Malpasso, svariati pinnacoli e torrioni tra la Torretta e Monte Capo Noli, speroni legati a corrosione carsica e da erosione selettiva variamente distribuiti. Si aggiunga la significativa presenza di spessori di brecce dolomitiche più o meno cementate e depositi colluviali su tutto il lato settentrionale del capo.

A tal proposito ricordiamo come,nell'ambito dello sviluppo del presente progetto, sia emersa (come da apposito rilevamento geomeccanico in parete operato dallo Studio Maifredi di Genova), lungo il tratto di falesia sul fianco nord-orientale dell'anfiteatro della zona Le Cave (a sud del Monte Capo Noli), la presenza di un contesto geomeccanico complessivamente problematico e di forte criticità.

Caratteri morfologici aggiuntivi, di particolare interesse paesaggistico, sono alcune sorgenti carsiche presenti nell'ambito dello studio e, inoltre, la segnalata presenza di alcune cavità ipogee note e studiate in ambito speleologico.

Infine, è interessante rilevare lungo il lato meridionale, in prossimità del Malpasso, in corrispondenza della linea di battigia, di un ingente sviluppo areale di calcareniti di panchina (beach rock), classica roccia a cemento calcareo determinato dalla precipitazione chimica carbonatica di acque dolci calcaree in ambito marino.

2.3 GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Nel presente Paragrafo sono riportati i caratteri geologici ed idrologici principali inerenti l'area di studio.

2.3.1 Il Contesto Geologico – Stratigrafico Generale

L'impostazione geostrutturale è quella del classico edificio a falde molto estese in un ambito caratterizzato da uno stile tettonico perlopiù fragile con associazione complessa di orizzonti differenti in frequente ed articolato contatto tettonico .

Ci troviamo inseriti nel più complesso contesto del cosiddetto dominio "Brianzonese" che localmente comprende il basamento pre – carbonifero ed il tegumento permo-carbonifero.

Il basamento rappresenta un substrato stratigrafico delle successioni brianzonesi interne (include infatti un tegumento di età successiva ed una "copertura" mesozoica più recente).

Il tegumento, a sua volta, rappresenta una sorta di interposizione tra il precedente basamento e le coperture mesozoiche triassiche – liassiche ; i terreni di riferimento, interessati da intenso metamorfismo, sono di origine sia vulcanica che sedimentaria . In particolare troviamo tra i metasedimenti i terreni riferibili alla Formazione di Murialdo ed agli Scisti di Gorra mentre tra i termini metavulcanitici la Formazione di Eze ed i Porfiroidi del Melogno.

La copertura meso-cenozoica è localmente rappresentata dalle Quarziti scitiche di Ponte di Nava, dai Calcari della Val Tanarello e dalle Dolomie di S.Pietro ai Monti.

Le prime testimoniano di una ingressione marina con fenomeni di detrizione dei pre-esistenti massicci ercinici mentre i calcari e le dolomie fanno parte di una successione calcareo-dolomitica più complessa rappresentante fasi deposizionali diverse, a prevalente carattere chimico-fisico in un ambiente climaticamente caldo ed in ambiente di piattaforma.

Da segnalare come nel Giurassico inferiore il dominio Brianzonese ligure possa essere considerato completamente emerso e interessato da fenomeni di alterazione - erosione in ambiente sub-aereo e da significativo carsismo.

I terreni metasedimentari sono rappresentati da sequenze complesse, fortemente disarticolate. di Qz-scisti, scisti Qz-sericitici, scisti cloritici e micascisti, filladi carboniose talora grafitiche con frequenti vene quarzose o noduli.

Gli orizzonti metavulcanitici invece sono rappresentati da porfiroidi a grana minuta o a grossi cristalli di K-Feldspato, termini andesitici, filoni ignimbritici e termini derivativi di carattere prasinitico.

La forte tettonizzazione si esplica attraverso un complicato assetto in stile fragile plicativo con frequenti strutture di faglia o pieghe-faglie inverse.

La copertura mesozoica vede la presenza di settori a forte componente quarzitica e/o di Qz-scisti biancastri o verdolini con subordinati termini pelitici più o meno scistosi (Quarziti di Ponte di Nava) , di settori di calcari

marmorei chiari e stratificati (Calcari della Val Tanarello), dalle dolomie grigio – biancastre in banchi di spessore metrico o decimetrico ovvero da scisti pelitici e calcareo-micacei sovente in corrispondenza dei contatti con le Quarziti di Ponte di Nava .

2.3.2 Lo Scenario Tettonico e Strutturale Di Capo Noli

La Formazione di S. Pietro ai Monti con potenze dell'ordine delle centinaia di metri, è quello di pertinenza specifica progettuale. La sua esposizione è infatti facilmente apprezzabile lungo tutto il tratto costiero compreso tra Punta Crena e Capo Noli dove è caratterizzato dalla presenza di una, se pur discontinua, fascia cataclastica , osservabile al letto, ove le metaquarziti sono sovente fortemente frizionate in livelli a detrizione spinta.

Come già citato l'elemento di Bric dei Monti – Manie è costituito prevalentemente da dolomie anche massive con scarse evidenze di meso-strutture.

Si fanno, peraltro, notare vistose deformazioni sinsedimentarie (slumps) apprezzabili tra la zona del Malpasso e Capo Noli. Sono rilevabili pieghe a cerniera acuta ed angolo tra i fianchi dell'ordine di 30 ° al'interno dei livelli quarzitici (vedi a Nord di Capo Noli)

L'accavallamento dell'elemento delle Manie su quello di Bric Briga si realizza mediante superfici secondarie che catturano corpi intermedi sovente rappresentati proprio da lembi di metaquarziti imbricate , delimitati sia longitudinalmente che trasversalmente rispetto al fronte di sovrascorrimento , e trascinati nella medesima direzione tettonica secondo un sistema tipo flat-ramp con intenso ripiegamento della stratificazione.

Sia la superficie di sovrascorrimento principale che quelle secondarie sono enfatizzate da bande di taglio ultracataclastiche con fasce di microdetrizione e scarsa cementazione particolarmente nei livelli quarzitici.

In prossimità dell'accavallamento si produce una evidente rotazione delle giaciture riferibili alla stratificazione nell'elemento di Bric Briga la cui direzione di immersione ruota da E → N procedendo in direzione W → E . La giacitura della stratificazione principale nelle dolomie di Bric dei Monti – Manie trova invece immersione verso N-NW a settentrione di Capo Noli e in prossimità della zona ripiegata interessata dai livelli quarzitici scitici mantenendo tale orientazione preferenziale in tutto il settore di Capo Noli a Est della zona denominata "Semaforo" mentre a Sud e a Ovest del Monte di Capo Noli la vergenza principale dell'immersione è verso SW – W - NW.

2.3.3 Caratteri idrogeologici generali

La complessità tettonica e litologia emersa dal rilevamento di superficie e dalla esecuzione delle indagini preliminari unitamente al carattere carsico o pseudo-carsico della larga prevalenza dei termini formazionali presenti rendono l'assetto idrogeologico ipogeo profondo senz'altro caratterizzabile come affetto da grande complessità.

Le considerazioni oggi ragionevolmente evincibili sono sintetizzabili come in appresso :

- nel contesto tettonico individuato i fenomeni più o meno ingenti di carattere cataclastico possono infatti determinare direttrici di deflusso idrico ipogeo preferenziali;
- tali evidenze peraltro (in particolare sulla base delle prospezioni sismiche P3 e P4) sembrano essere riconducibili alla presenza delle scaglie quarzitiche catturate all'interno dei livelli dolomitici in corrispondenza del sovrascorrimento descritto
- le profondità di riferimento dell'asse della galleria risultano però maggiori rispetto alla

zona di maggiore intensità del disturbo tettonico indicato;
- bande di taglio di ordine decametrico segnalate lungo tutto lo sviluppo della galleria in ambito dolomitico possono presentare caratteri analoghi ma di minore estensione/intensità;
- le valorizzazioni della conducibilità idraulica degli ammassi rocciosi dolomitici e calcarei, ottenuti mediante prove di tipo Lugeon in foro di sondaggio, non presentano differenze significative mantenendosi, in entrambe le litologie, nell'intervallo 10-6 m/s – 10 -7 m/s
- pur nel ridotto sviluppo lineare delle perforazioni operate (max 50.00 m in orizzontale) non si sono incontrate cavità o vuoti, né presenza significativa di venute idriche.

Sul lato Noli, in prossimità dell'imbocco e dell'area ove è prevista la demolizione parziale del contrafforte roccioso posto al contatto tra i termini quarzitici e dolomitici , la presenza del Rio di Preti Bernardini e l'allungata vallecola relativa all'incisione del medesimo, appaiono prospettarsi come un settore idrogeologico separato dal resto del contesto progettuale. In questa porzione areale infatti la bassa qualità geomeccanica dei termini qz-scistosi, e dei livelli calcareo-micaceo-scistosi del contatto, la presenza di fratturazioni aperte con riempimenti anche significativi in condizioni giaciturali sfavorevoli possono rappresentare un fattore di problematicità idrogeologica laddove la circolazione idrica in frattura (persistente nelle stagioni più umide) venga a rappresentare, quindi, un fattore sfavorevole alla stabilità del versante.

Tale argomento si ritiene abbia particolare importanza a riguardo del mantenimento, sia in sede provvisionale che definitiva, della stabilità del versante in ragione dell'elevato sviluppo metrico in altezza dei fronti di sbancamento in progetto.

2.4 INDAGINI GEOTECNICHE

Ai fini dello sviluppo del presente progetto è stata svolta una campagna di indagini geognostiche e geotecniche operata mediante tecniche dirette (sondaggi a carotaggio continuo orizzontali e/o inclinati presso gli imbocchi) ed indirette (sismica a rifrazione con elaborazione tomografica e profili sismici ibridi rifrazione/riflessione) . Su alcuni campioni di roccia prelevati nel corso dei sondaggi a carotaggio si sono altresì effettuate prove di laboratorio geomeccanico.

La disposizione planimetrica degli accertamenti citati è riportata oltre che negli elaborati resi dalle entità operanti le indagini stesse (Promogeo Srl con sede in Genova per i sondaggi a carotaggio e Studio di Geologia e Geofisica Srl con sede in Siena per le prospezioni sismiche) anche nella Carta Geologica (Tavola G1).

La denominazione dei carotaggi è stata S1 e S2 presso l'imbocco in progetto lato Noli, S3 e S4 presso l'imbocco lato Finale. I primi tre fori hanno avuto sviluppo orizzontale (S1 e S2 pari a 25 m e S3 pari a 50 m) mentre S4 è stato realizzato con inclinazione pari a 45°.

Sono stati quindi complessivamente effettuati:
- n. 4 sondaggi geognostici; a carotaggio continuo;
- n. 12 prove di permeabilità Lugeon;
- n. 24 prelievi di campioni di roccia su cui sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:
  - n. 3 prove di taglio su giunto,
  - n. 6 prove di compressione monoassiale strumentate,
  - n. 8 misure del peso dell'unità di volume,
  - n. 2 prove di compressione triassiale in cella di Hoek,
  - n. 6 misure della velocità sonica.
- n.5 prospezioni sismiche a rifrazione con elaborazione tomografica (delle quali 4 ovvero P5, P6, P7 e P8 sul lato Noli superiormente all'imbocco e P9 alla base dell'imbocco lato Finale) per un totale di circa 600 ml e n.4 prospezioni ibride (P1, P2, P3 e P4 disposte a raggiera lungo l'asse della galleria) per un totale di circa 1.420 ml.

Di seguito vengono riportati unicamente gli aspetti salienti del complesso dei risultati ottenuti nell'ottica della preliminare interpretazione geologica proposta nell'elaborato denominato "Profilo Geologico" (Tavola G4) disposto lungo l'asse della galleria in progetto. Evidentemente le informazioni con maggiore valenza areale sono quelle desumibili dal complesso delle indagini sismiche che – per loro natura – forniscono essenzialmente informazioni di particolare interesse nell'interpretazione tettonica strutturale profonda e (di minor interesse nel nostro caso) anche a riguardo (la sismica a rifrazione) dello sviluppo verticale delle coperture superficiali.

Il complesso delle risultanze sismiche ha messo in luce, lungo l'asse, la presenza di una sequenza di strutture fragili con variabile angolo di inclinazione che bene si accordano con l'interpretazione tettonico-strutturale sopra riportata.

In particolare l'interpretazione dei profili a riflessione P1 e P2 hanno costituito la base di partenza per la comprensione del globale set di dati emergenti dalle prospezioni a riflessione nel loro complesso.

La P3 e la P4, inoltre, hanno permesso di confermare e supportare (in particolare la elaborazione con il metodo tomografico della rifrazione) l'interpretazione preliminare della presenza di scaglie quarzitiche cataclasate imbricate sui fronti di sovrascorrimento.

Le prospezioni fra loro subparallele P5, P6, P7 e P8 hanno, inoltre, permesso di controllare lo stato del versante sul lato Noli che presentava caratteristiche geomorfologiche più articolate in relazione alla verificata esistenza di livelli superficiali di brecce dolomitiche più o meno cementate e di depositi colluviali sviluppati.

Le perforazioni a carotaggio sugli imbocchi, oltre a permettere un diretto confronto litostratigrafico tra i termini dolomitici (elemento di Bric dei Monti – Manie) e calcarei (Bric Briga), hanno permesso la effettuazione di 12 prove Lugeon, di grande utilità nella stima preliminare dei valori di conducibilità idraulica pertinenti ai due elementi tettonici citati.

Evidentemente l'utilità geomeccanica deriva dal controllo del classico parametro RQD (Rock Qualità Designation) che diversifica significativamente i termini dolomitici (decisamente più fratturati con valorizzazioni di RQD estremamente variabili e disposti secondo intervalli dallo 0 – 10 % sino a oltre il 70 %) e quelli francamente calcarei con valorizzazioni medie elevate o molto elevate (mediamente > 60 % - 70 %).

Tipicamente le risultanze stratigrafiche delle perforazioni hanno permesso di confermare la maggiore variabilità litostratigrafia insita ai termini dolomitici (con livelli brecciati, fratture con riempimenti, superfici di discontinuità dotate di maggiore scabrezza etc) e una maggiore uniformità dei termini calcarei sul lato Finale.

Ulteriori prospezioni sismiche a rifrazione e con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono state operate, come indagini di seconda fase (2011), sul lato Noli in corrispondenza delle opere d'arte accessorie.

Tali prospezioni sismiche , definite PS1 e PS2, hanno avuto lo scopo di definire la potenza dei depositi sciolti granulari di spiaggia sovrapposti al puntuale bedrock.

L'interpretazione geotecnica e geomeccanica delle evidenze geognostiche e geomeccaniche di laboratorio è riferita ed utilizzata nella Relazione Geotecnica.

2.5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai fini della caratterizzazione geotecnica, la galleria naturale è suddivisa in tre tratti principali, di cui due in corrispondenza degli imbocchi (imbocco lato Noli e imbocco lato Finale) e uno riferito al tratto intermedio (tratto profondo), caratterizzato dalle maggiori coperture. Il tratto intermedio è sua volta suddiviso in ulteriori tratti che si differenziano tra loro a seconda della formazione interessata e del livello di disturbo tettonico dell'ammasso; in generale, ciascun tratto è considerato omogeneo per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso.

La caratterizzazione preliminare dell'ammasso roccioso è stata condotta secondo i seguenti criteri:

- negli imbocchi, dove sono disponibili i risultati di sondaggi geognostici, è stato stimato il

GSI (Geological Strength Index, Hoek et al., 1995) e, successivamente, i parametri per i criteri di resistenza di Hoek-Brown e di Mohr-Coulomb, e il modulo di deformazione (Hoek e Diederichs, 2006);

- in corrispondenza del tratto profondo, nelle zone non interessate dalla presenza di faglie e al di fuori della zona di sovrascorrimento, si è fatto riferimento alle velocità delle onde di compressione stimando il valore normalizzato Qc (Barton, 2002) e, quindi, il GSI, procedendo poi come al punto precedente;
- per le zone tettonizzate e presumibilmente cataclasate e alterate, per le quali non sono disponibili informazioni specifiche, le caratteristiche dell'ammasso sono state stimate facendo riferimento ai criteri proposti da Habimana et al. (1999), e dovranno essere rivalutate a valle di ulteriori indagini nel corso delle successive fasi progettuali.

Per le considerazioni di dettaglio si rimanda alla Relazione Geotecnica.

2.6 ASPETTI IDROLOGICI

L'intervento interferisce con il reticolo idrografico superficiale unicamente in prossimità dell'imbocco lato Noli, dove il tracciato stradale, attuale e di progetto, interseca perpendicolarmente la tombinatura del rio Prete Bernardini.

SI descrivono di seguito le caratteristiche del corso d'acqua allo stato attuale. Per ulteriori dettagli relativi agli aspetti idrologici si rimanda alla Relazione Idrologico-idraulica.

2.6.1 Stato di fatto

Il rio, classificato come secondario ai sensi della D.G.R. 1360 del 19.11.2010, e con sbocco diretto a mare, è individuato fra i corsi d'acqua significativi nella Cartografia Catastale 1:5000 della Regione Liguria, mentre non rientra né nell'elenco delle acque pubbliche del territorio della Provincia di Savona né fra quelli indagati dal Piano di Bacino.

Il suddetto Rio (vedi *Tavola I1*) sottende un bacino a vocazione naturale in quanto prevalentemente boscato, dell'estensione di 0.311 km^2. Il territorio del bacino è caratterizzato da una decisa predominanza di condizioni di substrato roccioso affiorante/subaffiorante al di sotto di coperture submetriche rispetto alle coperture sciolte, comunque di potenze modeste.

Il rio Prete Bernardini nasce a quota 120 m s.l.m. scorre con direzione SO-NE per ricevere, dopo circa 300 m le acque del tributario di sponda destra, prosegue quindi mantenendo le stesse caratteristiche di naturalità e con la medesima direzione per circa 180 m.

Nell'ultimo tratto a monte della S.S.1 l'alveo del corso d'acqua perde di fatto consistenza, che coincide in parte con i camminamenti di un complesso ricreativo in abbandono, e giunto in prossimità dell'attuale tracciato dell'Aurelia a quota 14,00 s.l.m. supera tale interferenza con una tombinatura di lunghezza pari a circa 15 m posta ad una quota di circa 2 m dal piano stradale. L'attuale tombinatura è costituita da un manufatto a volta, largo cira 100 cm e di altezza in chiave pari a 85 cm. L'opera di captazione delle acque, che allo stato attuale defluiscono liberamente nell'area semipianeggiante utilizzata come parcheggio privato, è costituita da un pozzo verticale sormontato da una griglia.

Il rio prosegue quindi verso mare con un breve tratto a cielo aperto con una sezione del tutto irregolare (tra l'altro in buona parte occupata da depositi di vario genere) fra l'Hotel Capo Noli ed il muro perimetrale della Villa Mayer, per venire finalmente convogliato in un collettore di piccolo diametro fino allo sbocco a mare.

2.6.2 Analisi idrologica

La Normativa di Piano del "Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico della Provincia di Savona" riporta nell'Allegato 2 le indicazioni per l'applicazione delle metodologie per la determinazione delle portate di massima piena:

> *"I valori di portata al colmo di piena per tempi di ritorno T = 200 anni ed altri tempi di ritorno rilevanti nel bacino (almeno T = 50 e T= 500 anni) fanno riferimento ai valori indicati nella Relazione generale del Piano (Rif. Idrologia di Piena).*
>
> *Per i tratti non indagati e non riportati in relazione si farà riferimento allo Studio sulla caratterizzazione spaziale delle piogge intense e la regionalizzazione delle portate dei corsi d'acqua liguri realizzato dal C.I.M.A dell'Università di Genova per conto della Regione Liguria e datato 1999 (riferimento Provincia di Savona Settore Difesa del Suolo).*
>
> *Il valore delle portate determinate con il metodo C.I.M.A. per i piccoli bacini (area compresa tra 0 e 10 Km^2) dovrà essere corredato dell'indicazione di tutti i parametri utilizzati per il calcolo.*

Il metodo C.I.M.A. suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di 2 chilometri quadrati, un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 chilometri quadrati ($U_{A=2}$). Pertanto il valore di portata per assegnato periodo di ritorno T è definibile come:

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \left[m^3 s^{-1}\right],$$

nella quale A è la superficie drenata espressa in chilometri quadrati, $U_{A=2}$ è il contributo unitario per area pari a 2 chilometri quadrati, espresso in $m^3\ s^{-1}\ km^{-2}$, tabellato in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, e K_T è il fattore di frequenza delle portate, tabellato in funzione del periodo di ritorno T.

Il bacino drenante è stato definito individuando gli spartiacque e ponendo la sezione di chiusura in corrispondenza della S.P. 1 Aurelia (tavola I1 - Corografia), ed ha un'estensione, come precedentemente riportato, di 0,311 km^2. Assumendo una longitudine del bacino pari a 8°2.5', ed essendo il bacino in esame caratterizzato da un grado di urbanizzazione pressoché nullo (tipologia di bacino D), si determina un contributo unitario UA=2 pari a 4,50 metri cubi al secondo per chilometro quadrato. Il fattore di frequenza delle portate duecentennali è pari a 5,02.

La portata duecentennale per il Bacino del Rio Prete Bernardini, stimata con il metodo C.I.M.A., risulta quindi essere pari a **7,02 m^3/s**.

2.7 ASPETTI SISMICI

Oggetto del presente paragrafo è la descrizione dei criteri generali adottati, nelle specifiche relazioni di calcolo, per definire le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati. Tali azioni sismiche si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione: essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 2008), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR}, come definite nel § 3.2.1 del D.M. 2008, nel periodo di riferimento V_R, come definito nel § 2.4 del D.M. 2008.

Ai fini dell'applicazione del D.M. 2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di

superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Considerate l'estensione spaziale delle opere sul territorio, la loro diversa tipologia, l'eterogeneità dei litotipi presenti, nonché l'importanza che ognuna di esse riveste, i parametri sismici assunti, secondo le norme vigenti, sono risultati diversi per ogni opera considerata.

Per le modalità per la determinazione dei parametri sismici si rimanda alla Relazione Sismica, mentre per gli specifici valori utilizzati per le diverse opere si rimanda alle relative relazioni di calcolo.

3 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Nel presente capitolo si fornisce una descrizione del tracciato sotto tutti gli aspetti tecnici che devono essere considerati dal punto di vista stradale.

In primo luogo si effettua un inquadramento del tracciato in questione nei confronti della normativa vigente, ai fini di illustrare i criteri che hanno condizionato la progettazione, di seguito si riporta una descrizione della geometria dell'asse, dal punto di vista planimetrico e altimetrico, e delle verifiche che devono soddisfare, secondo norma, i singoli elementi (verifiche dinamiche e cinematiche) e il tracciato nel suo complesso (verifiche di velocità e visibilità).

Si passa poi alla descrizione dell'organizzazione della sede stradale, evidenziando mediante le sezioni tipologiche gli spazi stradali previsti e le dimensioni degli stessi, nonché la sistemazione dei margini esterni e le opere d'arte previste.

Un capitolo a parte è destinato alla risoluzione del problema del raccordo della viabilità esistente con quella di progetto, realizzato secondo il principio del mantenimento delle manovre consentite allo stato attuale ma con miglioramento della sicurezza stradale.

Infine vengono descritte le scelte delle tipologie e dei materiali relativamente a sovrastruttura, barriere di sicurezza e segnaletica.

3.1 ASPETTI NORMATIVI

Per la progettazione di un'infrastruttura stradale, le norme cogenti in materia sono le seguenti:

- D.Lgs. n. 285 del 30/04/1992 - "*Nuovo codice della strada*";
- D.P.R. n. 495 del 16/12/1992 - "*Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada*";
- D.M. n. 6792 del 5/11/2001 - "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*";
- D.M. del 22/04/2004 – modifica del D.M. 6792 del 5/11/2001;
- D.M. del 19/04/2006 - "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*";
- D.M. del 21/06/2004 - "*Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali* ".

Il codice della strada e il regolamento di attuazione forniscono indicazioni generali, che vengono tradotte in prescrizioni tecniche per la progettazione dai D.M. del 2001 e D.M. del 2006, che riguardano strade e intersezioni di nuova costruzione.

Il D.M. 22/04/2004, invece, modifica il D.M. 2001 definendo il campo di applicazione dello stesso, ovvero limitandone la cogenza esclusivamente alla progettazione di interventi di nuova costruzione, rimarcando all'articolo 1 che le norme del D.M.2001 "*sono di riferimento per l'adeguamento delle strade esistenti, in attesa di emanazione per esse di una specifica normativa*".

Ad oggi non è stata ancora emanata alcuna normativa in materia, ma un utile riferimento può essere la bozza di "*Norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti*" del 21/03/2006: essa consente, per tale tipo di interventi, l'applicazione del D.M. del 2001 "*con un maggior grado di flessibilità per garantire una progettazione sensibile al contesto nel quale si colloca*".

La norma in attesa di emanazione definisce le condizioni per cui un intervento in variante possa essere definito di

adeguamento, che si traducono nel rispetto di due requisiti:

- il tratto in variante abbia singolarmente uno sviluppo inferiore a quello percorribile in 90 s alla massima velocità di progetto della strada;
- l'estensione complessiva del tratto in variante non superi il 70% dello sviluppo totale del tronco stradale da adeguare.

In base alle definizioni riportate dalla bozza di norma, il tracciato di progetto si identifica come intervento di variante ad una strada esistente, la S.S. 1 "Via Aurelia".

Il tronco stradale di S.S. 1 oggetto di modifica ha un andamento planimetrico molto tortuoso, ed è caratterizzato da una carreggiata, ad una corsia per senso di marcia, che in alcuni punti diviene molto stretta e per tutta l'estensione è priva di banchina: la sezione stradale non è quindi assimilabile ad alcuna sezione tipo da D.M. 2001.

Riguardo alla funzione svolta dall'infrastruttura all'interno della rete stradale, la S.P. 1 ha carattere di extraurbana secondaria, che assume aspetti urbani nei tratti di attraversamento dei centri abitati.

I due estremi dell'intervento sono caratterizzati da un contesto diverso: l'inizio dell'intervento si colloca in un tratto urbano (centro abitato di Noli) caratterizzato da velocità limite di 50 km/h. Il termine dell'intervento (presso Le Cave) è situato invece in tratto extraurbano, attualmente non regolamentato da limite, su cui è posto soltanto un segnale generico di pericolo; l'introduzione del limite è stata più volte richiesta dalle forze dell'ordine locali a seguito del verificarsi di eventi incidentali e di una generica situazione di pericolo causata dall'utilizzo turistico del tratto di costa compresa fra il Malpasso e la Baia dei Saraceni, particolarmente accentuato nei mesi estivi.

Per il tronco di variante si è scelta, coerentemente con la funzione svolta dalla S.S.1, l'attribuzione alla Categoria C - Strada extraurbana secondaria (da D.M. 2001), la quale è caratterizzata da Vp_{max} = 100 km/h.

E' evidente come una tale differenza di velocità di progetto tra il tronco di variante e i tratti adiacenti, possa generare notevoli problemi di sicurezza stradale, anche in considerazione dell'esiguità del tronco stesso e quindi dell'impossibilità di generare tratti di transizione di adeguato sviluppo.

Al fine di inserire armonicamente il nuovo tracciato nel contesto della rete esistente risulta, quindi, ragionevole considerare l'intervento come adeguamento secondo la definizione della bozza di norma del 2006: tale assunzione viene rafforzata esplicitando il rispetto dei due suddetti requisiti, per cui è sufficiente effettuare il rapido calcolo riportato di seguito:

dati: Lv = sviluppo tratto variante = 1.009 m

Le = sviluppo tratto esistente = 1.450 m

Lt_{90} = sviluppo percorribile in 90 secondi alla Vp_{max} della strada esistente

Dove per Vp_{max} si è considerata 50 km/h, assunto che la velocità massima a cui risulta percorribile il tratto di strada si è stimata essere pari a 40 km/h (peraltro restrittiva ai fini del calcolo).

Requisito 1: Lv < 70% Le ovvero 1009 < 1.015 m

Requisito 2: Lv < Lt_{90} ovvero 1005 < 1.250 m

Nella definizione del tracciato è stata quindi presa a riferimento la bozza di norma del 2006, che prevede la possibilità, in fase di progettazione, di effettuare, fra le altre, le seguenti eccezioni alle prescrizioni del D.M. 2001:

- adozione di velocità di progetto massima inferiore, compresa in un campo di flessibilità fra 70 km/h e 100 km/h per la categoria C;
- deviazioni rispetto alla lunghezza minima e massima dei rettifili;
- deviazioni rispetto alla lunghezza minima dello sviluppo delle curve circolari;

- deviazioni rispetto al valore minimo del parametro A delle clotoidi con riferimento al criterio ottico;

In considerazione di tale flessibilità, si è scelto di adottare come velocità di progetto massima dell'intervento 80 km/h. Tale valore consente la possibilità di una progettazione degli elementi geometrici meno vincolata, con conseguente inserimento del tracciato nel rispetto dei vincoli territoriali presenti, ed in particolare:

- l'inserimento omogeneo del tronco di progetto all'interno del tratto esistente, senza pregiudicare la funzionalità ed il livello di servizio dello stesso;
- l'armonizzazione del diagramma delle velocità nei tratti di raccordo con l'esistente;
- la sensibile riduzione delle distanze di visuale libera necessarie e la conseguente riduzione di allargamenti della carreggiata per motivi di visibilità.

3.2 GEOMETRIA DELL'ASSE

Il presente paragrafo descrive le caratteristiche geometriche del tracciato, esplicitando le motivazioni che hanno portato alle scelte progettuali degli elementi planimetrici, altimetrici e verificando il corretto rapporto tra i due aspetti.

In *Tavola T12* è riportato l'andamento planimetrico dell'asse di progetto, in *Tavola T3* il tracciato è stato sovrapposto ad ortofoto fornita dalla Regione Liguria, in *Tavola T14* è riportato il profilo longitudinale dell'asse di progetto.

Le sezioni di inizio e fine dell'adeguamento plano-altimetrico sono così materializzate:

- inizio asse di progetto (progressiva 590+300 della S.S. 1 "Via Aurelia") coincidente con il punto di tangenza tra curva circolare esistente (R = 80 m) e rettifilo seguente;
- fine asse di progetto (progressiva 591+750) corrispondente alla spalla del viadotto rettilineo esistente presso Le Cave, considerato un vincolo su cui preferibile non intervenire.

3.2.1 Andamento planimetrico

Planimetricamente l'intervento ha una lunghezza complessiva di 1009 m.

Il tracciato si sviluppa per circa l'80% in galleria, uscendo a cielo aperto solamente nelle zone di raccordo con l'Aurelia attuale, laddove l'asse tende, fino a coincidere, a quello esistente e la carreggiata si modifica fino ad assumere le dimensioni di quella attuale.

Gli elementi che caratterizzano l'asse sono due curve circolari: la curva 1 è di raggio relativamente grande (R = 450 m) e sviluppo notevole, mentre la curva 2 ha raggio (R = 150 m) e sviluppo ridotti.

Nella scelta di tali elementi i fattori condizionanti sono stati due:

- la particolare geometria del versante roccioso dell'imbocco lato Finale, che lascia limitati margini rispetto all'adozione di un inserimento in galleria con raggio ristretto, in virtù della necessità di aumentare al massimo l'angolo di incidenza dell'asse rispetto al profilo della parete;
- l'esigenza di garantire la visibilità nel lungo tratto di galleria corrispondente alla curva 1 senza dover prevedere allargamenti della sezione trasversale.

Fra le due curve, e le rispettive clotoidi in entrata ed uscita, è interposto un elemento rettilineo.

La zona di raccordo con l'asse esistente lato Noli è rappresentata da un rettifilo che precede la curva 1, mentre lato Finale il raccordo con il viadotto esistente coincide con la clotoide in uscita della curva 2.

La *Tabella 3.1* riassume i parametri degli elementi geometrici del tracciato.

Tipologia elemento	Nome	Parametro	Valore	Unità misura
Rettifilo	$R_{0,1}$	L	120,00	m
Clotoide	CL_{1e}	A	122,00	-
		L	33,08	m
Curva	C_1	R	450,00	m
		α	66	°
		Tan	290,14	m
		S_v	515,41	m
Clotoide	CL_{1u}	A	122,00	-
		L	33,08	m
Rettifilo	$R_{1,2}$	L	70,01	m
Clotoide	CL_{2e}	A	123,00	-
		L	100,86	m
Curva	C_2	R	150,00	m
		α	26	°
		Tan	35,04	m
		S_v	65,66	m
Clotoide	CL_{2u}	A	103,50	-
		L	71,42	m

Tabella 3.1 – Elementi geometrici del tracciato

3.2.2 Andamento altimetrico

Dal punto di vista altimetrico, i vincoli principali sono rappresentati dalle zone di raccordo con l'asse esistente, caratterizzato da pendenze non modeste per la categoria di strada in progetto. Il profilo longitudinale è, pertanto, caratterizzato da tre livellette:

- livelletta 1: prosegue la pendenza dell'esistente lato Noli (3,35%);
- livelletta 2: coincide per la quasi totalità con lo sviluppo della galleria, ha pendenza pari al 2%;
- livelletta 3: realizza il raccordo lato Finale proseguendo la pendenza del viadotto (5,27%).

Tra le livellette sono interposti due raccordi verticali parabolici:

- raccordo 1: di raggio 850 m, sufficiente per la bassa differenza di pendenza tra le due livellette;

- raccordo 2: di raggio 3200 m e notevole sviluppo per poter garantire i requisiti di comfort e visibilità nonostante la notevole differenza di pendenza tra le livellette.

Nel redigere il profilo longitudinale, si è provveduto, inoltre, a rispettare le prescrizioni di coordinamento plano-altimetrico del tracciato, posizionando i raccordi verticali in modo tale che non creino false alterazioni nella visione prospettica del tracciato:

- il raccordo 1 è posto in rettifilo a distanza sufficiente dalla successiva curva planimetrica;
- il raccordo 2 è stato fatto coincidere come sviluppo con la curva 2 planimetrica.

La percezione del tracciato risulta quindi corretta.

3.3 VERIFICHE DI TRACCIATO

Il seguente paragrafo riporta le verifiche eseguite sul tracciato secondo le prescrizioni del D.M. 2001. Esse si distinguono in verifiche che devono soddisfare i singoli elementi (verifiche dinamiche e cinematiche) e verifiche che deve rispettare il tracciato nel suo complesso (verifiche di velocità e visibilità).

In *Figura 3.1*, riportata in calce, si riassumono graficamente le verifiche planimetriche dinamiche, cinematiche e di velocità.

3.3.1 Diagramma di velocità

Al fine di perseguire l'obiettivo di sicurezza stradale globale del tracciato, la norma prevede la redazione del diagramma delle velocità, che consiste nella rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse. Esso è costruito sulla sola base del tracciato planimetrico, calcolando per ogni elemento il valore della Vp, il quale deve essere compreso nel'intervallo di variazione previsto per il tipo di strada scelta.

Nel caso in questione, categoria C, si ha 60 < Vp < 100 km/h, ma a seguito di quanto esposto precedentemente (cfr. par. 3.1), viene assunto 60 <Vp <80 km/h.

Analizzando il tracciato da un punto di vista puramente geometrico, si evince che l'unico elemento condizionante la velocità è la curva 2 (R = 150 m), percorribile ad una velocità di progetto di circa 65 km/h. La curva 1 (R = 450), invece, essendo R > R* (come definito al sottoparagrafo 5.2.4 del D.M. 2001), è percorribile alla massima velocità di progetto, ovvero 80 km/h.

Il problema principale da risolvere nello studio delle velocità resta quindi quello dell'inserimento omogeneo del nuovo tracciato tra i tronchi esistenti, in modo tale da garantire le inderogabili esigenze di sicurezza stradale; di seguito si analizzano pertanto i due tratti di raccordo con l'esistente.

Lato Noli, il tronco esistente in corrispondenza dell'inizio dell'intervento ricade in centro abitato e pertanto è soggetto a limite di velocità, da codice della strada, pari a 50 km/h, a cui si assume corrisponda una velocità di progetto, di norma sempre maggiorata di 10 km/h rispetto a quella limite, di 60 km/h. Sarà pertanto necessaria una decelerazione (o accelerazione nell'opposto verso di percorrenza) che la norma considera di valore costante a=0,8 m/s^2, per passare dalla Vp_{max} = 80 km/h alla Vp_{min} = 60 km/h. Per la scelta del punto in cui, nel nuovo tracciato, verrà posto l'inizio (o la fine) del limite di velocità di 50 km/h, si devono considerare i seguenti fattori:

- la progressiva 0+00 in cui inizia l'intervento è posta sul punto di tangenza di una curva a R = 80 m, che secondo l'equazione dinamica dell'equilibrio consentirebbe una velocità di progetto di circa 50 km/h, inferiore a quella minima; questo aspetto rende quindi opportuno l'allontanamento del limite dalla progressiva iniziale;
- il tratto di raccordo prevede la realizzazione di un accesso a raso per mantenere il collegamento con il tratto di Aurelia dismessa, collocato nella zona di inizio dell'asse di

progetto, per il quale si deve garantire il rispetto delle regole di visibilità: si ritiene perciò opportuno ridurre la velocità dei veicoli in transito sull'asse di progetto per il tratto precedente l'accesso;

- il tronco di tracciato precedente l'imbocco della galleria si scosta di pochi metri dall'Aurelia attuale, la quale per tale tratto è compresa nella delimitazione di centro abitato: pertanto si può ragionevolmente affermare che il tratto a cielo aperto lato Noli ricada ancora all'interno del perimetro del centro abitato.

Sulla base delle precedenti considerazioni, si è ipotizzato di porre l'inizio del limite di velocità di 50 km/h (coincidente con il segnale di indicazione di inizio centro abitato) in corrispondenza della progressiva 0+100, distante circa 20 m dall'imbocco della galleria. La decelerazione per i veicoli provenienti da Finale si svilupperà lungo la clotoide e per 80 m nel raccordo circolare.

Lato Finale, lungo il tronco di strada compreso tra la fine intervento e località Varigotti (centro abitato soggetto a limite di 50 km/h), non vige nessuna regolazione della velocità, perciò il limite risulta essere quello previsto per le strade extraurbane, ovvero 90 km/h. Tuttavia da un'analisi del contesto in cui si inserisce l'infrastruttura, sono emerse le seguenti criticità:

- la sede stradale è priva di banchina, ciglio e marciapiedi, e quindi di ogni forma di franco laterale;
- lungo la strada è presente un flusso pedonale (praticamente in carreggiata causa mancanza di altri spazi laterali) costituito da turisti per il raggiungimento delle spiagge collocate lungo la costa, che nei periodi estivi risulta essere molto intenso;
- da un'indagine presso la polizia municipale, è emerso che in tempi recenti si sono verificati incidenti, di cui uno mortale, ed episodi che hanno messo a repentaglio la sicurezza degli utenti della strada, motivo per cui il comando di polizia ha espressamente richiesto all'allora ente gestore della strada (Provincia di Savona) l'istituzione di un limite di velocità adeguato alle condizioni di sicurezza dell'infrastruttura attuale;

Da quanto sopra esposto, si è ritenuto opportuno, a favore di sicurezza, ipotizzare per la sezione di fine intervento una velocità di progetto Vp = 60 km/h, ritenendo che ANAS, una volta rientrata in possesso della gestione dell'Aurelia, possa accogliere la segnalazione della polizia municipale ed imporre il limite di 50 km/h.

Ulteriori considerazioni sul diagramma di velocità sono state effettuate considerando l'influenza dello stesso sulle verifiche di visibilità (cfr. par. 3.3.3). In particolare si è posta l'attenzione sulla curva 2: con un diagramma delle velocità privo di limitazioni, la decelerazione da una Vp = 80 km/h a una Vp = 65 km/h avverrebbe nella clotoide precedente il raccordo. Con tali velocità di percorrenza risulterebbe necessario un allargamento della carreggiata in galleria, al fine di garantire le distanze minime di visuale libera, dell'ordine dei 2-3 m.

Considerato che:

- la norma consente l'imposizione di limiti di velocità al fine di garantire le distanze di visuale libera necessarie;
- l'allargamento delle sezione trasversale in galleria comporta un notevole aggravio dei costi e un aggravamento delle condizioni di carattere strutturale-geotecnico in una zona già delicata da tale punto di vista;
- la geometria del tracciato consente di arretrare la decelerazione precedente la curva 2, essendo questa preceduta da un rettifilo.

Sulla base dello studio di numerosi scenari ipotizzabili, si era in prima ipotesi ipotizzato di imporre il limite di 50 km/h a partire dalla progressiva 0+803: in tal modo la decelerazione tra la Vp = 80 km/h e la Vp = 60 km/h avviene lungo lo sviluppo della clotoide in uscita della curva 1, del rettifilo e i primi 30 m della clotoide in entrata

della curva 2.

A seguito di un confronto della soluzione ipotizzata con la Direzione Centrale di Progettazione ANAS – Roma, non si è ritenuto opportuno mantenere il limite di 70 km/h per un tratto di lunghezza limitata e si è deciso pertanto, ai fini di soddisfare le verifiche di visibilità senza effettuare un eccessivo allargamento ma al tempo stesso non condizionando interamente le caratteristiche geometriche del tracciato, di operare separatamente sul diagramma delle velocità per ciascun senso di marcia:

- in direzione Finale-Noli, non risultando problemi di visibilità, si è mantenuto il diagramma a Vpmax = 80 km/h, considerando come elementi condizionanti la velocità soltanto i raccordi circolari (curva 2 e curva esistente successiva verso Finale);
- in direzione Noli-Finale, si è assunto per tutto lo sviluppo dell'asse una Vpmax = 60 km/h, prevedendo cioè un limite di velocità di 50 km/h che garantisca le distanze di visuale libera minimizzando l'allargamento della piattaforma in galleria, come dettagliato nel sottoparagrafo 3.3.3.

In *Tavola T14 e T15* sono riportati i diagrammi delle velocità associati al progetto.

3.3.2 Verifiche dinamiche e cinematiche degli elementi geometrici

I singoli elementi geometrici che compongono un tracciato stradale devono rispettare una serie di requisiti dinamici e cinematici dettati dalla norma.

Per ogni tipologia di elemento si riassumono le prescrizioni da rispettare a livello planimetrico.

Rettifili:

- L_{min} = lunghezza minima, in funzione di Vp;
- L_{max} = lunghezza massima, in funzione di Vp_{max};
- L<R = rapporto tra raggio curva e lunghezza del rettifilo adiacente.

Curve:

- R_{min} = raggio minimo, per la categoria C = 118 m
- Sv_{min} = sviluppo minimo, in funzione di Vp;
- R>L = rapporto tra raggio curva e lunghezza del rettifilo adiacente.

Clotoidi:

- A_{min}, criterio del contraccolpo;
- A_{min}, criterio del rollio;
- A_{min}, criterio ottico;
- A_{max}, criterio ottico;
- $2/3 < A_1/A_2 < 3/2$, rapporto tra clotoidi successive.

In *Tabella 3.2* si riportano gli esiti delle verifiche elemento per elemento, effettuato secondo il diagramma delle velocità assunto al paragrafo 3.3.1.

Elemento	Nome	Parametro	Valore	Condizione di verifica	Parametro limite	Valore	Risultato verifica
Rettifilo	$R_{0,1}$	L	120,00	>	L_{min}	55,04	positivo
				<	L_{max}	1393,96	positivo
Clotoide	CL_{1e}	A	122,00	>	A_{min}	82,00	positivo
				>	A_{min}	112,10	positivo
				>	A_{min}	150,00	negativo
				<	A_{max}	450,00	positivo
		A_1/A_2	1,00	>	A_{min}	0,67	positivo
				<	A_{max}	1,50	positivo
Curva	C_1	R	450,00	>	R_{min}	118,00	positivo
				>	L_{prec}	120,00	positivo
				>	L_{succ}	70,01	positivo
		S_v	515,41	>	S_{vmin}	55,56	positivo
Clotoide	CL_{1U}	A	122,00	>	A_{min}	117,40	positivo
				>	A_{min}	121,10	positivo
				>	A_{min}	150,00	negativo
				<	A_{max}	450,00	positivo
		A_1/A_2	1,00	>	A_{min}	0,67	positivo
				<	A_{max}	1,50	positivo
Rettifilo	$R_{1,2}$	L	70,01	>	L_{min}	78,98	negativo
				<	L_{max}	1663,02	positivo
Clotoide	CL_{2e}	A	123,00	>	A_{min}	122,80	positivo
				>	A_{min}	79,60	positivo
				>	A_{min}	50,00	positivo
				<	A_{max}	150,00	positivo
		A_1/A_2	1,26	>	A_{min}	0,67	positivo
				<	A_{max}	1,50	positivo
Curva	C_2	R	150,00	>	R_{min}	118,00	positivo
				>	L_{prec}	70,01	positivo
		S_v	65,66	>	S_{vmin}	45,78	positivo

Clotoide	CL_{2U}	A	103,50	>	A_{min}	103,30	positivo
				>	A_{min}	76,50	positivo
				>	A_{min}	50,00	positivo
				<	A_{max}	150,00	positivo
		A_1/A_2	1,19	>	A_{min}	0,67	positivo
				<	A_{max}	1,50	positivo

Tabella 3.2 – Verifiche elementi geometrici

Come si evince dal tabulato delle verifiche, il tracciato di progetto rispetta nel complesso i requisiti di cui al D.M. 2001 eccetto che in tre casi, ovvero:

- Clotoide $CL1_e$: A<Amin criterio ottico;
- Clotoide $CL1_u$: A<Amin criterio ottico;
- Rettifilo $R_{1,2}$: R<Rmin.

Considerato o che l'impostazione progettuale si basa sull'art. 4 del DM 5/11/01 in relazione agli interventi di rettifica di strade esistenti per tratti di estesa limitata ed è stato sviluppato con riferimento al DM 5/11/01, nello specifico adottando i criteri della emananda norma per gli adeguamenti delle strade esistenti, si ritiene che il tracciato in progetto verifichi i requisiti richiesti.

A livello altimetrico devono essere rispettati i seguenti requisiti.

Livellette:

- i_{max} = pendenza longitudinale massima = 7 % (per categoria C).

Raccordi verticali:

- Rv_{min}, criterio geometrico;
- Rv_{min}, criterio di comfort;
- Rv_{min}, criterio di visibilità;

Di seguito si riportano gli esiti delle verifiche elemento per elemento.

Livelletta 1:	i =	3,35%	<	i_{max} = 7%		positivo
Raccordo 1:	Rv =	850 m	>	$Rv_{min\ geometrico}$ =	20,00 m	positivo
			>	$Rv_{min\ comfort}$ =	462,96 m	positivo
			>	$Rv_{min\ visibilità}$ =	0,00 m	positivo
Livelletta 2:	i =	2,01%	<	i_{max} = 7%		positivo

Raccordo 2:	Rv =	3200 m	>	$Rv_{min\ geometrico}$ =	20,00 m	positivo
			>	$Rv_{min\ comfort}$ =	701,56 m	positivo
			>	$Rv_{min\ visibilità}$ =	3047,34 m	positivo
Livelletta 3:	i =	5,27%	<	i_{max} = 7%		positivo

Tutte le verifiche sono rispettate, quindi dal punto di vista altimetrico il tracciato è verificato.

3.3.3 Verifiche di visibilità

Il D.M. 2001 prevede che un tracciato stradale garantisca l'esistenza di opportune distanze di visuale libera, intesa come lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

La distanza di visuale libera disponibile va confrontata con una serie di distanze necessarie a compiere determinate manovre e deve risultare sempre maggiore. Per la categoria C sono due le distanze da considerare:

- distanza di visibilità per l'arresto;
- distanza di visibilità per il sorpasso.

Per il tracciato di progetto, essendo lo sviluppo per la quasi totalità in galleria e lungo raccordi circolari, ai fini della sicurezza, si è deciso di interdire la manovra di sorpasso. Pertanto le verifiche di visibilità sono state condotte considerando la sola distanza di visibilità per l'arresto.

Ai fini delle verifiche, si è considerata la posizione del conducente sull'asse della corsia, con l'occhio posto ad un'altezza di 1,10 m dal piano stradale, e la collocazione dell'ostacolo sempre lungo l'asse della corsia e posto ad un'altezza di 0,10 m. La verifica è stata condotta a livello planimetrico e sono stati considerati ostacoli per la visibilità tutti gli oggetti intercettati dalla linea di visuale: l'elemento vincolante ai fini della verifica è rappresentato dal profilo ridirettivo in galleria posto longitudinalmente sul ciglio stradale.

Ai fini della rigorosa interpretazione della situazione reale, l'ostacolo è stato, pertanto, modellato come un un elemento lineare continuo posto a 18 cm dal filo della banchina, assumendo la geometria della barriera analoga a quella riportata nel documento "*ANAS – Caratteristiche geometriche e funzionali delle gallerie*", e non considerando come ostacolo alla visuale il piede della barriera, in considerazione dell'inclinazione della linea di visuale. Infatti poiché essa risulta tangente all'ostacolo all'incirca nella mezzeria del segmento (nel caso in esame pari a circa 32,5 m), a tale distanza il punto sulla linea risulta avere un'altezza da terra di circa 60 cm, e distanza dal profilo ridirettivo di 18 cm: per questo motivo si è potuto assumere l'ostacolo posto a 18 cm dal filo esterno della banchina.

Per le strade di categoria C, i problemi di visibilità si hanno essenzialmente nei raccordi circolari per i veicoli in transito sulla corsia più interna. Analizzando l'esito delle verifiche sul tracciato di progetto con particolare riguardo ai raccordi circolari è emerso quanto segue:

- curva 1 (R = 450 m) - Dv_a disponibile (costante) = 112,65 m > Dv_a necessaria = 111,05 m
- curva 2 (R = 150 m) - Dv_a disponibile (minima) = 65,84 m < Dv_a necessaria = 70,69 m

Come visibile dal confronto tra le distanze di visuale, la curva 1 non dà problemi di visibilità, mentre per la curva 2 la verifica non è soddisfatta: è pertanto necessario un allargamento della piattaforma per garantire il rispetto delle distanze di visuale libera.

Per avere un riscontro più preciso sulla sezione di inizio e fine del tratto che necessita allargamento, si è comunque eseguita la verifica di visibilità su tutto il tracciato, la quale ha avuto esito positivo ad eccetto

dell'intorno della curva 2. Il tratto che necessita allargamento per la visibilità va dalla progressiva 0+951,70 alla progressiva 0+961,70 , corrispondente allo sviluppo del raccordo circolare più circa 20 m della clotoide in entrata e circa 10 m di quella in uscita.

Analizzando l'inviluppo dei raggi di visuale libera necessaria, si è potuto determinare il massimo allargamento da realizzare per la visibilità, che è risultato essere pari a 1,00 m, collocato in zona centrale del raccordo. All'allargamento progressivo della piattaforma corrisponderà un allargamento discreto della sezione in galleria (cfr. par. 3.4), che tiene conto anche dell'allargamento necessario per l'iscrizione in curva.

In *Tavola T15* sono riportati i diagrammi di visibilità per le due direzioni di marcia.

3.4 SEZIONI TIPOLOGICHE

Nel seguente paragrafo si riportano le scelte relative alla definizione spazi stradali e loro dimensioni, alla sistemazione della sede stradale in sede naturale e artificiale, all'organizzazione dei margini esterni e alle tipologie di opere d'arte previste.

La categoria di strada scelta è la C – Extraurbana secondaria, che prevede una piattaforma con carreggiata unica ad una corsia per senso di marcia e banchine laterali. Delle soluzioni base di sezione trasversale fornite dalla norma, si è scelta la tipologia denominata C2, in luogo della C1 inizialmente ipotizzata nel Progetto Preliminare (cfr. *Relazione Generale Descrittiva* - par. 2.1), caratterizzata da corsie di larghezza 3,50 m e banchine di larghezza 1,25 m.

Nel presente progetto, le corsie di marcia sono mantenute a larghezza costante per tutto lo sviluppo del tracciato, anche nei tronchi di transizione, mentre le banchine e gli elementi del margine esterno invece variano progressivamente nelle zone di transizione. Per meglio comprendere la variazione di sezione lungo l'asse si è suddiviso lo stesso in tronchi omogenei.

In corrispondenza della curva 2 (R = 150 m), è stato previsto l'allargamento per ragioni di iscrizione in curva, pari a 0,60 m per tutta la carreggiata, ovvero 0,30 m per ogni corsia, realizzato verso l'interno della curva. Il tratto a larghezza variabile durante il quale si realizza l'allargamento ha origine 7,5 m prima dell'inizio clotoide e termina 7,5 m dopo la fine della stessa (da D.M. 2001), mentre il tratto all'interno del raccordo circolare è a larghezza costante pari alla carreggiata incrementata del valore dell'allargamento.

Per quanto concerne le pendenze trasversali della piattaforma, si sono assunte le seguenti (come da D.M. 2001):

- rettifili, doppia falda a pendenza 2,50%;
- curva 1, falda unica a pendenza 4,83%;
- curva 2, falda unica a pendenza 7,00%;
- clotoidi, falda e pendenza variabili.

Si evidenzia che lato Noli (come approfondito al par. 3.5), al fine di realizzare la corsia di accumulo per la manovra di svolta a sinistra necessaria al raccordo con la viabilità interferita, si è reso necessario un adeguamento della carreggiata, che non prevede un intervento sull'asse, per il tratto di circa 100 m precedente l'inizio del tracciato. Inoltre, al fine di garantire continuità del flusso ciclabile e pedonale in condizioni di sicurezza, si è ulteriormente esteso l'intervento per una lunghezza di circa 100 m, tratto per il quale non viene interessata la piattaforma stradale ma viene solamente studiata la realizzazione di un percorso pedonale lato mare, di raccordo con la passeggiata esistente nell'abitato di Noli.

L'intervento complessivo perciò ha inizio circa 200 m prima della progressiva 0+00 (inizio delle modifiche plano-altimetriche dell'asse), che corrisponde alla progressiva 590+100 della S.S.1 "Via Aurelia".

Si elenca di seguito la suddivisione del tracciato in zone con caratteristiche omogenee, visibili nel dettaglio in *Tavole T16,T20 e T21*.

- progr. 0-200 – 0-102: tronco a piattaforma invariata (tratto urbano);
- progr. 0-102 – 0+00: tronco di adeguamento sola carreggiata (tratto urbano);
  sezione a mezza costa, curva, 2 corsie + accumulo (0,00-3,00 m);
  banchina sinistra (0,5 m), ciglio (0,5 m);
- progr. 0+00 – 0+50: tronco di raccordo (tratto urbano);
  sezione a mezza costa, rettifilo, 2 corsie + accumulo (3,00-0,00 m);
  banchina sinistra (var.), ciglio (0,5 m);
  banchina destra (0,5 m), cunetta (1 m);
- progr. 0+50 – 0+80: tronco di raccordo (tratto urbano);
  sezione in trincea, rettifilo, 2 corsie;
  banchina sinistra (0,5 m), ciglio (var.);
  banchina destra (0,5 m), cunetta (1 m);
- progr. 0+80 – 0+100: tronco di raccordo (tratto urbano);
  sezione in trincea, rettifilo, 2 corsie;
  banchina sinistra (var.), cunetta (1 m);
  banchina destra (var.), cunetta (1 m);
- progr. 0+100 – 0+117: sezione di progetto;
  in trincea, rettifilo, 2 corsie;
  banchina sinistra (1,25 m), cunetta (1 m);
  banchina destra (1,25 m), cunetta (1 m);
- progr. 0+117 – 0+701: sezione di progetto;
  in galleria, curva, 2 corsie;
  banchina sinistra (1,25 m);
  banchina destra (1,25 m);
- progr. 0+701 – 0+825: sezione di progetto;
  in galleria, rettifilo, 2 corsie;
  banchina sinistra (1,25 m);
  banchina destra (1,25 m);
- progr. 0+825 – 0+925: sezione di progetto con allargamento;
  in galleria, curva, 2 corsie;
  banchina sinistra (1,25 m);
  banchina destra (var.);
- progr. 0+925 – 0+961: tronco di raccordo;

a mezza costa, curva, 2 corsie;
banchina sinistra (var.); ciglio (var.);
banchina destra (var.); ciglio (var.);

- progr. 0+961 – 1+009: tronco di raccordo;
sezione a mezza costa, curva, 2 corsie;
banchina sinistra (var.); ciglio (var.);
banchina destra (var.); cunetta (1 m).

3.5 SISTEMAZIONE DELLA VIABILITÀ INTERFERITA

Nel presente paragrafo si riassumono le scelte effettuate per risolvere il raccordo tra la via Aurelia esistente e il nuovo tracciato.

Lato Noli, è stato necessario individuare una soluzione per garantire l'accesso alla nuova strada da parte di due proprietà private, l'Hotel Capo Noli e la Villa Mayer, che attualmente si affacciano sulla S.S.1 immediatamente a monte della sezione di inizio intervento. Inoltre, su richiesta della Regione Liguria (cfr. *Relazione Generale Descrittiva* - par. 2.2), si è provveduto a garantire la continuità del percorso ciclabile e pedonale tra il tratto di Aurelia in dismissione e la passeggiata a mare dell'abitato di Noli, al fine di separare completamente i flussi di utenze deboli da quelli veicolari.

Le esigenze principali che hanno guidato la progettazione dell'accesso sono perciò state le seguenti:

- garantire la possibilità di effettuare tutte le manovre di svolta possibili da e per l'accesso per entrambi i sensi di marcia, al fine di non arrecare disagio alle proprietà e soprattutto problemi di sicurezza stradale derivanti dalla forzatura di manovre non consentite;
- ridurre gli impatti e i costi delle opere, in considerazione del fatto che trattasi di accesso a proprietà private, interessato da un traffico molto esiguo;
- allontanare il più possibile il punto di accesso dall'imbocco della galleria, per non creare situazioni di pericolo e per garantire la distanza di visuale libera all'esterno della galleria stessa.
- garantire e laddove possibile migliorare la fruibilità di tutti gli spazi ad oggi utilizzati a quota spiaggia (quali servizi balneari, accesso stazione di pompaggio acque reflue);
- realizzare un percorso ciclabile e pedonale che garantisca all'utenza il transito in condizioni di sicurezza tra l'abitato di Noli e il tratto di Aurelia di futura dismissione.

In fase progettuale sono state concepite soluzioni tese a soddisfare le condizioni precedenti, alternative all'innesto a raso in corrispondenza del punto di accesso all'hotel Capo Noli.

La soluzione prescelta consiste nella realizzazione di un accesso a raso, con corsia di accumulo per la svolta a sinistra, posto in corrispondenza della progressiva 0-10,00. Tale soluzione, riportata planimetricamente in *Tavola* T17 e altimetricamente in *Tavola* T19, consente tutte le manovre di svolta, è di basso impatto, in quanto non prevede opere d'arte significative, e prevede un innesto sufficientemente lontano dall'imbocco della galleria, garantendo le condizioni di visibilità e sicurezza.

L'innesto della viabilità di accesso avviene in modo ortogonale all'asse di progetto, mediante un tronco di raccordo all'Aurelia esistente di larghezza 6 m, che si amplia nella zona di incrocio per garantire una agevole entrata ed uscita dei veicoli. La progettazione dei cigli e dell'isola a goccia dell'incrocio è stata eseguita seguendo come indicazione la normativa sulle intersezioni stradali.

In *Figura 3.2*, riportata in calce, sono riportati i triangoli di visibilità associati alle manovre di incrocio eseguibili, ottenuti considerando una Vp = 50 km/h. Si precisa che la sistemazione dei margini esterni della carreggiata è stata prevista in modo tale da non arrecare disturbo alla visibilità.

La sistemazione della viabilità di raccordo riqualificherà tutta l'area adiacente l'Hotel Capo Noli, continuando a mantenere, mediante una rampa di accesso, la fruibilità dell'area sottostante allo stesso e all'arenile, con possibilità di utilizzare gli nuovi spazi coperti creati al di sotto dell'innesto,nella zona attigua alla stazione di pompaggio, alla quale sarà comunque garantito un accesso mediante pista non pavimentata.

I ragionamenti che hanno portato alla concezione del percorso ciclo-pedonale si possono invece suddividere in due parti in funzione del tratto considerato.

Nel tratto tra l'innesto sulla nuova variante e Villa Mayer la progettazione è stata condizionata dall'esiguo spazio presente tra il margine esterno della strada di progetto e l'Hotel Capo Noli (circa 6,5 m): l'unica soluzione possibile è stata pertanto l'unione in un'unica sede promiscua del limitatissimo traffico veicolare e di quello ciclabile-pedonale. Al fine di selezionare il più possibile i flussi veicolari su tale percorso, si è concepito questo tratto come *"strada di categoria F bis – itinerario ciclopedonale"* secondo i più recenti aggiornamenti del Codice della Strada, che classifica questo tipo di strade come locali *"destinate prevalentemente alla percorrenza pedonale e ciclabile caratterizzata da una sicurezza intrinseca a tutela dell'utenza debole della strada"* (art. 3 DLgs n.285/1992 e succ. mod.) Per garantire i requisiti di tutela di velocipedi e pedoni si sono attuate le seguenti misure di sicurezza:

- istituzione di una Zona a Traffico Limitato lungo tutto il tratto seguente la diramazione che conduce a quota spiaggia, con divieto di transito ad eccetto dei clienti e fornitori dell'Hotel Capo Noli e dei residenti a Villa Mayer;
- istituzione di un limite di velocità di 30 km/h a partire dall'innesto sull'asse principale.

In tal modo non si pregiudica l'accesso dei veicoli a motore a servizio delle aree private, che tuttavia sarà trascurabile nell'arco della giornata e inoltre potrà circolare soltanto a bassissime velocità: si può perciò affermare che esso non creerà disagi e pericolo a pedoni e velocipedi in transito.

Nel tratto tra l'innesto sulla strada di progetto e la passeggiata a mare esistente è stato invece possibile separare il percorso per le utenze deboli dagli altri spazi stradali, realizzando una pista ciclabile adiacente a percorso pedonale sul lato mare della strada, a seguito di risoluzione dell'interferenza con due ostacoli da superare, ovvero:

- edificio adibito a stazione di sollevamento dell'impianto di depurazione (proprietà del Consorzio Depurazione Acque della Provincia di Savona), per il quale si è deciso, previe verifiche con l'ente gestore sull'assenza di danni creati dall'operazione, di abbassare la quota della copertura modificandone anche la tipologia (da inclinata a piana) al fine di creare lo spazio per le opere complanari alla piattaforma stradale (pista ciclabile, percorso pedonale e area di sosta);
- edificio adibito a Colonia (proprietà Comune di Torino), attualmente in disuso, per il quale si è concordato con l'ente proprietario una soluzione di passaggio in adiacenza all'edificio lato mare (in quanto lato strada non vi è fisicamente spazio) che non arrechi disagi all'immobile, ma anzi ne che contribuisca alla sua valorizzazione.

Il percorso, progettato conformemente alle norme sulle piste ciclabili (D.M. 30/11/1999 – *"Regolamento per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili"*), è caratterizzato dalla seguente geometria: pista ciclabile bidirezionale (L=2,50 m) a due corsie (L=1,25 m cadauna), percorso pedonale (L=1,50 m), raggi planimetrici molto ampi rispetto a quelli minimi, pendenza massima inferiore al limite del 5%. Laddove in adiacenza alla strada, la separazione della pista ciclabile avviene mediante barriera bordo ponte di classe H2, provvista di corrimano, mentre lato mare a protezione del percorso pedonale avviene mediante parapetto in acciaio. La pavimentazione è realizzata in conglomerato bituminoso, integrata da specifica segnaletica orizzontale e verticale secondo D.P.R. 495/1992 – *"Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice della Strada"*.

Nel tratto di percorso prospiciente la Colonia di Torino, per una lunghezza di circa 40 m, la larghezza della pista

ciclopedonale si riduce (L=2,00 m), come consentito dall'art. 7 comma 2 del D.M. 30/11/1999, al fine di ridurre l'ingombro verso mare e per consentire la creazione di uno spazio largo 1,50 m a servizio dell'edificio.

Il raccordo con il tratto promiscuo con i veicoli autorizzati è garantito da un attraversamento nei pressi della zona di innesto sull'asse principale, mentre lato Noli il percorso si restringe divenendo promiscuo ciclabile-pedonale fino ad innestarsi sulla passeggiata esistente. Un ascensore e due rampe di scale completano il sistema di accesso pedonale alla spiaggia, mentre i velocipedi possono raggiungerla mediante la rampa veicolare di discesa.

Lato Finale, in quanto non vi sono utenze e accessi privati sul tronco dismesso a cui garantire una viabilità, non è stato necessario prevedere alcuna forma di continuità con la strada dismessa.

3.6 SOVRASTRUTTURA STRADALE

Il presente paragrafo da una descrizione della sovrastruttura stradale scelta per il tracciato.

Per la scelta della tipologia di pavimentazione si è fatto riferimento al Bollettino C.N.R. n. 178 del 1995 – "*Catalogo delle pavimentazioni stradali*" e alle "*Linee guida di progetto per la gestione delle pavimentazioni stradali*" (ANAS 2008).

La pavimentazione stradale prevista prevede i seguenti strati:

-	strato di usura	-	conglomerato bituminoso	-	s = 4 cm;
-	strato di collegamento	-	conglomerato bituminoso	-	s = 6 cm;
-	strato di base	-	conglomerato bituminoso	-	s = 10 cm;
-	strato di fondazione	-	misto cementato	-	s = 20 cm.

Per uno spessore totale della pavimentazione pari a 40 cm.

Il pacchetto stradale è rappresentato nel dettaglio nelle sezioni tipo di *Tavola T21*.

3.7 BARRIERE DI SICUREZZA E SEGNALETICA

Si descrivono nel presente paragrafo le scelte relativamente alle barriere di sicurezza e alla segnaletica orizzontale e verticale.

I criteri di impiego delle barriere sono dettati dal D.M. del 21/06/2004, il quale prevede che la determinazione delle classi minime avvenga in funzione di tre parametri:

- tipo di strada (categorie da D.M. 2001);
- tipo di traffico (I,II,III in funzione del TGM e % veicoli pesanti);
- destinazione della barriera (spartitraffico, bordo laterale, bordo ponte).

Considerato il tipo di strada extraurbana secondaria, un TGM di circa 10000 veicoli/giorno ed una % di veicoli pesanti del 7%, che significano un livello di traffico II, si sono determinate le classi delle barriere laddove necessarie.

Si sono previste barriere a protezione del percorso ciclabile e pedonale lungo il tratto di raccordo lato Noli, per la separazione del tronco di Aurelia dismessa da quello di progetto nel tratto di raccordo lato Finale ed infine per il tratto di approccio al viadotto presso località Le Cave. Per riassumere le motivazioni che hanno portato alla scelta della classe di barriera occorre distinguere per singoli tratti.

Per la barriera a protezione del percorso ciclabile e pedonale lato Noli (Progr. 0-198,15 – 0+37,00), essendo il tratto considerato urbano caratterizzato da Vp = 60 km/h, a rigor di norma non sarebbe necessaria l'installazione

di un dispositivo di ritenuta tra strada e percorso; tuttavia, considerato che si è in un tronco di raccordo con una strada extraurbana caratterizzata da velocità di progetto maggiore e volendo garantire un livello di sicurezza elevato per pedoni e ciclisti, si è prevista la collocazione di una barriera di sicurezza nello spazio di 50 cm che separa la piattaforma stradale dal percorso ciclabile e pedonale. La scelta della classe H2 bordo ponte in luogo della H1 bordo laterale che consegue alla mera applicazione della tabella da norma è dovuta alle seguenti motivazioni:

- garantire un'altezza della barriera pari a 1 m allo scopo di impedirne lo scavalco del ciclista o del pedone, esigenza soddisfatta dal corrimano presente nella tipologia bordo ponte;
- garantire un livello di sicurezza maggiore in considerazione del fatto che la barriera separa la strada da una zona in cui circolano utenti e non da una semplice scarpata, motivo per cui si è aumentata di un livello la classe di barriera;
- garantire un'installazione funzionale della barriera, considerando perciò che la tipologia bordo laterale è concepita per essere installata mediante infissione dei montanti nel terreno, mentre nel caso in questione essa deve avvenire su cordolo di testa muro e quindi in analogia a quanto previsto per la tipologia bordo ponte su opere d'arte.

Per la barriera di separazione tra il tronco di Aurelia dismesso e quello di progetto lato Finale (Progr. 0-930 – 0+943,00) valgono analoghe motivazioni a quelle precedentemente espresse, in quanto è prevista la realizzazione di un percorso pedonale e ciclabile in adiacenza alla strada, ed in questo caso ancora più forte è l'esigenza di impedire lo scavalco di ciclisti che si vogliano forzatamente immettere sulla strada, fenomeno che causerebbe notevole pericolo considerato che la manovra avverrebbe in curva ed all'uscita di una galleria.

Per la barriera di approccio al viadotto (Progr. 0-976 – 0+995,00) la classe H2 bordo ponte è quella strettamente prevista da norma.

Dal punto di vista dei materiali, per tutti i tratti in cui si è reso necessario l'inserimento di barriere di sicurezza, si è previsto l'utilizzo di tipologie miste legno-acciao corten (con vincolo cementato ad eccezione dei tratti in testa ad opere d'arte per i quali si è previsto vincolo su piastra), al fine di migliorare l'impatto paesaggistico. Nella scelta della barriera da adottare in fase di costruzione, si dovrà inoltre tenere conto che tutti i dispositivi di ritenuta, al fine di poter assolvere correttamente le proprie funzioni, dovranno garantire una classe di livello di larghezza operativa pari o superiore a W5.

Si evidenzia che i sopracitati criteri non regolano la scelta delle barriere in galleria, laddove si è previsto, per tutto lo sviluppo dell'opera, un profilo ridirettivo a filo esterno della banchina secondo le disposizioni del D.M. 2001.

La *Tabella 3.3* riassume classi, posizione e sviluppi delle barriere di sicurezza.

Tipologia	Classe	Progr. Inizio	Progr. Fine	Sviluppo [m]	Margine lato
Bordo ponte	H2	0-198,15	0-161,15	37,00	sinistro
Bordo ponte	H2	0-80,00	0-24,60	69,40	sinistro
Bordo ponte	H2	0-7,30	0+37,00	46,60	sinistro
Profilo ridirettivo	-	0+117,00	0+930,00	807,00	sinistro
Profilo ridirettivo	-	0+117,00	0+955,00	815,00	destro
Bordo ponte	H2	0+930,00	0+943,00	14,00	sinistro
Bordo ponte	H2	0+976,00	0+995,00	19,00	sinistro

Tabella 3.3 – Barriere di sicurezza

Per i tratti di barriera con sviluppo inferiore a quello minimo previsto dalla normativa (circa 80-100 m), si sono previste misure atte a garantire il corretto funzionamento dei dispositivi, quali infittimento dei montanti e incastri nei punti terminali.

La *Tavola T22* contiene la rappresentazione planimetrica dettagliata delle barriere di sicurezza, mentre sulle altre tavole planimetriche, a scala minore, esse vengono solamente indicate ma non disegnate per motivi grafici; le barriere sono rappresentate anche nelle sezioni trasversali (*Tavola T16 e T20)* e più dettagliatamente nelle sezioni tipo (*Tavola T21).*

La segnaletica orizzontale e verticale è stata progettata secondo le regole contenute nel D.P.R. 495/1992 – *"Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice della Strada" (Titolo II - Capo II)*, che prevede la tipologia di segnaletica orizzontale da impiegare sulla base della categoria di strada e della funzione da espletare, le caratteristiche dimensionali e di posizionamento dei segnali verticali e tutte le indicazioni utili ad incrementare la sicurezza stradale mediante una corretta scelta dei segnali stradali.

La segnaletica orizzontale si è suddivisa in gruppi distinti in base alla zona di collocazione (asse principale, secondario, percorso pedonale e ciclabile), indicando per ogni tratto le progressive iniziale, finale, lo sviluppo e la tipologia di striscia, simbolo o iscrizione. Per i segnali verticali si è invece indicata la progressiva e il margine di collocazione sulla piattaforma.

Si precisa che per il tratto in galleria, la segnaletica verticale di emergenza si è considerata parte integrante degli impianti della galleria, non descritta perciò nella parte di segnaletica generale bensì nella sezione specifica impiantistica.

In *Tavola T22* è rappresentata la segnaletica orizzontale in scala, mentre dei segnali verticali è indicata la posizione di installazione con adiacente simbolo grafico non in scala.

3.8 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO

Anche se la variante stradale di Capo Noli si inserisce all'interno di un arco della rete che ha caratteristiche geometriche non modificabili che ne vincolano le prestazioni, ed anche se le caratteristiche geometriche della variante risulteranno migliorative rispetto a quelle delle tratte contigue che non possono e non potranno, almeno a breve termine, essere oggetto di interventi di miglioramento, si è voluto ugualmente operare un'analisi delle portate ed un calcolo del LOS (Level Of Service).

Nonostante i pochi dati disponibili ai quali fare riferimento, nel prosieguo sono desunti i "Livelli di Servizio" della strada attuale che aggira il promontorio di Capo Noli e della variante in progetto; i LOS – Livelli di Servizio sono calcolati dai valori di TGM deduttivamente ricavati.

Il metodo di calcolo adottato è quello dell'HCM 2000: L'approccio per la definizione del Livello di servizio è quello per le strade a due corsie che può essere condotto con due metodologie diverse: la prima prevede un'analisi globale che considera unitariamente entrambe le direzioni di marcia, ma, dato che questo tipo d'analisi si adatta meglio lungo tratti di strada estesi, con caratteristiche geometriche e di traffico pressoché costanti e con tracciato pianeggiante o leggermente ondulato, nel caso specifico si è privilegiata l'analisi direzionale, sempre indicata dall'HCM, che viene effettuata separatamente per le singole direzioni di marcia ed è preferibile nei tracciati montuosi o quando si vogliano analizzare singoli tratti di strada con pendenza di livellette maggiore del 3% e lunghezza non inferiore a 1 km.

La strada in oggetto è definibile di Classe I, pertanto, secondo HCM, si fa riferimento alla seguente tabella dove sono riportati i parametri che individuano i LOS.

LOS	Strade Classe I	
	Percentuale di tempo in coda	Velocità media di viaggio (Km/h)
A	≤35	>90
B	>35≤50	>80≤90
C	>50≤65	>70≤80
D	>65≤80	>60≤70
E	>80	≤60
F	Il tasso di flusso supera la capacità	

Tabella 3.4 - Valori limite dei parametri che individuano i LOS per strade di Classe I [H.C.M.2000]

L'analisi direzionale dei flussi di traffico viene condotta nelle due direzioni in forma distinta, ma correlata, attraverso i seguenti passaggi:

1. calcolo del tasso di flusso "Q" nelle due direzioni;
2. stima della velocità media di viaggio ricavata dal tasso di flusso;
3. calcolo della percentuale del tempo trascorso dai veicoli accodati a veicoli più lenti.

È necessario avere la conoscenza dei volumi di traffico, rilevati o di progetto, in entrambe le direzioni di marcia : i tassi di flusso nella direzione in esame viene indicato con "Q_d" mentre quello nella direzione opposta con "Q_o".

$$Q_d = \frac{(V_{HP})_d}{phf \cdot f_G \cdot f_{HV}} \qquad Q_o = \frac{(V_{HP})_o}{phf \cdot f_G \cdot f_{HV}}$$

Dove:

Q = portata oraria media o tasso di flusso, espressa in autovetture equivalenti/h;

V_{HP} = volume di progetto in una direzione [veic/h];

phf = fattore dell'ora di punta che stando sempre all'HCM per la stessa tipologia di strade è variabile fra 0,88 – 0,95;

f_G = coefficiente correttivo che tiene conto dell'andamento altimetrico del tracciato.

Secondo HCM il coefficiente "f_G" assume valutazioni diverse secondo che si consideri la velocità media di viaggio o la percentuale di tempo in coda, in funzione dei diversi valori della portata oraria media, secondo la seguente tabella.

Intervalli dei tassi di flusso Q (autovetture/h)		f_G (per valutare $\overline{V_s}$)		f_G (per valutare PTC)	
Bidirezionali	Direzionali	Terreno pianeggiante	Terreno ondulato	Terreno pianeggiante	Terreno ondulato
0-600	0-300	1,00	0,71	1,00	0,77
>600-1200	>300-600	1,00	0,93	1,00	0,94
>1200	>600	1,00	0,99	1,00	1,00

Tabella 3.5 - Coefficiente f_G per valutare gli effetti dell'andamento altimetrico del tracciato [H.C.M.2000]

f_{HV} = coefficiente correttivo che tiene conto della presenza di veicoli lenti e si ricava dall'espressione:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T \cdot (E_T - 1) + P_R \cdot (E_R - 1)}$$

Dove i coefficienti "E_T" ed "E_R" si ricavano dalla seguente tabella.

Tipo di veicolo	Intervalli dei tassi di flusso Q (autovett./h)		per valutare $\overline{V_s}$		per valutare PTC	
	Bidirezionali	Direzionali	Terreno pianeggiante	Terreno ondulato	Terreno pianeggiante	Terreno ondulato
Commerciale E_T	0-600	0-300	1,7	2,5	1,1	1,8
	>600-1200	>300-600	1,2	1,9	1,1	1,5
	>1200	>600	1,1	1,5	1,0	1,0
Turistico E_R	0-600	0-300	1,0	1,1	1,0	1,0
	>600-1200	>300-600	1,0	1,1	1,0	1,0
	>1200	>600	1,0	1,1	1,0	1,0

Tabella 3.6 – Coefficienti d'equivalenza ET ed ER per valutare gli effetti dei mezzi lenti sulla velocità media di viaggio e sulla percentuale di tempo in coda [H.C.M.2000]

Trasferendo le indicazioni della teoria dell'Highway Capacity Manual – HCM 2000 al caso in oggetto si ha, nella direzione in esame un volume di traffico di progetto pari a:

- $(W_{HP})_d$ = 465 veic/h
- Phf = 0,95
- f_g = 1
- f_{HV} = 0,986 (percentuale veicoli lenti pari a 7 %, percentuale veicoli turistici pari a 1%)

Nella direzione opposta il volume di traffico di progetto è supposto circa uguale a quello desunto dai rilevamenti di traffico che si hanno nella direzione opposta in concomitanza a quelli che raggiungono i valori massimi nella

direzione opposta.

Tale valore viene prudenzialmente assunto pari a:

- $(W_{HP})_o$ = 250 veic/hora
- Phf = 0,95
- f_g = 1
- f_{HV} = 0,974

La portata oraria media o tasso di flusso nelle due direzioni risulta quindi essere:

- direzione in esame $Q_d = \frac{465}{0{,}95 \times 1 \times 0{,}986} = 496$ Veic/h
- direzione opposta $Q_o = \frac{250}{0{,}95 \times 1 \times 0{,}974} = 270$ Veic/h

Avendo stimato nella strada di variante una velocità effettiva di flusso libero V_{FL} = 80 km/h e nella strada esistente che aggira il promontorio pari a V_{FL}' = 40 km/h.

Per la variante si calcola una velocità media di viaggio pari a:

V_{SP} = 80 – 0,0125 (496 + 270) – 6,3 = 64 km/h

con una percentuale di perditempo in coda che attraverso la seguente espressione data dall'HCM:

$(B_{PTC})_d = 100 \cdot \left(1 - e^{a(Q_d)^b}\right)$ dalla quale, adottando i coefficienti a e b tabellati, nel caso in oggetto risulta una percentuale di perditempo in coda pari al 60%.

Sempre dalla teoria dell'HCM la percentuale di perditempo in coda, attraverso la quale, facendo riferimento alla tabella che fornisce i "valori limite dei parametri che individuano i LOS per le strade di classe 1, si ricava incrementando il tempo del termine $f_{d/np\ ch}$, termine correttivo che tiene conto dell'effetto combinato della distribuzione del traffico e della percentuale di tracciato con sorpasso impedito, che nel caso in oggetto è pari al 100%. Dalle tabelle dell'HCM si ricava:

$f_{d/np\ ch}$ = 21%

La percentuale totale di tempo in coda nelle condizioni di massimo flusso di traffico risulta quindi essere pari all'81% del tempo impiegato per attraversare il tratto di variante che corrisponde ad un LOS E, quindi in flusso instabile, portate prossime alla capacità della strada e possibilità di temporanei arresti.

Gli stessi valori di traffico trasferiti alla strada esistente, dove la velocità di flusso libero è ben minore, condurrebbero, senza bisogno di verifica numerica, a stabilire che inevitabilmente si cadrebbe in un LOS F, dove il flusso è definito forzato, velocità nulla o molto bassa, con frequenti arresti, portate scarse, forte densità e massimo disagio per l'utenza.

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE D'ARTE E DEGLI IMPIANTI

Le opere d'arte geotecnico-strutturali previste sul tracciato sono state convenzionalmente suddivise fra:

- opera d'arte principale, costituita dalla galleria naturale e relative opere di imbocco;
- opere d'arte minori, costituite dalle opere per la sistemazione della viabilità interferita.

Una descrizione di tali opere è data nei Paragrafi 4.1 e 4.2.

Altre opere d'arte di progetto sono quelle idrauliche di sistemazione del rio Prete Bernardini e di smaltimento delle acque di piattaforma, a cui è dedicato il Paragrafo 4.3; trattazione separata è riservata alle misure strutturali per la sicurezza ed agli impianti della galleria, descritti nei Paragrafi 4.4 e 4.5.

4.1 GALLERIA NATURALE

La galleria naturale in progetto ha uno sviluppo complessivo di 808 m (progr. iniziale 0+117, progr. finale 0+925) e sezione tipo funzionale di intradosso che ricalca quanto previsto dalle *"Caratteristiche Geometriche e funzionali delle Gallerie (ANAS 2009)",* come visibile in *Tavola T18*.

Si precisa che sono state eseguite le verifiche relative alla sagoma limite sia per la carreggiata (altezza libera misurata sulla verticale in ogni punto della carreggiata pari a 5 m) che per la banchina (altezza libera misurata sulla verticale in ogni punto 4,80 m) secondo quanto previsto dal Paragrafo 4.1.2 del D.M. 2001 per tutte le sezioni.

Dalla progressiva 0+117 alla progressiva 0+825 la galleria è caratterizzata da sezione tipo corrente C2.

Dalla progressiva 0+825 alla progressiva 0+925 la galleria in progetto ha, invece, una sezione allargata per tenere conto delle esigenze legate sia all'iscrizione in curva che alla visibilità (cfr. Paragrafo 3.3): l'allargamento della sezione risulta essere di 1 m, ottenuto con modifica del raggio di calotta (si veda *Tavola T18*).

In corrispondenza di ciascun imbocco sarà presente un tratto di galleria artificiale. In particolare, in corrispondenza dell'imbocco lato Noli, la galleria artificiale avrà lunghezza pari a 8,50 m, mentre in corrispondenza dell'imbocco Finale Ligure, la galleria artificiale avrà lunghezza pari a 38,00 m.

Lo scavo della galleria avverrà da un unico fronte, a partire dall'imbocco lato Noli e procedendo poi verso l'imbocco lato Finale.

Il sistema di scavo adottato per la galleria è di tipo tradizionale (con abbattimento mediante martellone, ripper o microcariche) che, rispetto a quello meccanico, è molto più flessibile, ben adattandosi ad una difficile situazione cantieristica ed una diversa geologia dei terreni attraversati. L'orografia del terreno, il tracciato non rettilineo, unite agli spazi ristretti ed alla presenza di una viabilità che deve rimanere in esercizio per gran parte della durata della costruzione della galleria, non consentono l'installazione di un cantiere delle dimensioni di cui necessita uno scavo meccanizzato. Infine, da non sottovalutare, vi è l'aspetto economico: la lunghezza della galleria e le diverse sezioni tipologiche adottate sono infatti tali da non giustificare l'impiego di uno scavo meccanizzato.

In corrispondenza di ciascun tratto di galleria, da considerarsi omogeneo per litologia interessata ed altezza di copertura, in riferimento al comportamento atteso degli ammassi rocciosi a seguito dello scavo della galleria, sono state individuate le sezioni tipo ritenute più idonee. Le diverse sezioni tipo, ovvero il complesso degli interventi di stabilizzazione e le relative modalità e fasi di esecuzione, sono dunque state scelte al fine di evitare deformazioni eccessive e l'eventuale innesco di fenomeni di instabilità.

La valutazione dell'evoluzione dello stato tensionale nella roccia a seguito della realizzazione di una galleria è stata condotta attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi del mezzo attraversato, che hanno fornito informazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Il comportamento del cavo e

del fronte è infatti funzione, oltre che delle caratteristiche meccaniche dei materiali attraversati, delle caratteristiche geometriche della cavità stessa, delle coperture, nonché dei carichi litostatici cui è soggetta.

La metodologia di lavoro ha seguito l'approccio del metodo ADECO-RS (Lunardi, 2000), che può essere riassunto in tre step progettuali: fase conoscitiva, fase di diagnosi (assenza di interventi), fase di terapia (interventi).

In particolare, durante la fase conoscitiva viene attuato l'inquadramento geologico ed idrogeologico di tutto il volume di terreno significativo, e vengono altresì definite le caratteristiche geomeccaniche degli ammassi interessati dalla galleria. Tale caratterizzazione è dettagliatamente descritta nella Relazione Geotecnica nonché nel Profilo Geomeccanico allegati al progetto.

Durante la fase di diagnosi sono invece state individuate tratte a comportamento geomeccanico omogeneo lungo il tracciato. Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle tre categorie di comportamento in assenza di interventi, in accordo alla classificazione proposta dal metodo ADECO-RS (Lunardi, 2000):

- Categoria A - galleria a fronte stabile: lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico, i fenomeni deformativi sono di modesta entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In queste condizioni anche il comportamento del cavo è di tipo stabile, si mantiene prevalentemente in campo elastico e non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento, se non localizzati e in misura molto ridotta. Il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine è in questo caso fornito dal rivestimento definitivo.
- Categoria B - galleria a fronte stabile a breve termine: la condizione di galleria a fronte stabile a breve termine si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità approssima la resistenza del materiale al fronte, che si allontana progressivamente da un meccanismo di comportamento di tipo elastico per assumere un comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi alla redistribuzione delle tensioni risultano più accentuati rispetto al caso precedente, e possono produrre nell'ammasso al fronte una significativa riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La decompressione indotta dallo scavo può essere opportunamente controllata tramite opportuni interventi di preconsolidamento al fronte e/o al contorno del cavo: in tal modo si fornisce un adeguato contenimento all'ammasso, che così mantiene un comportamento stabile. Nel caso in cui non siano previsti interventi, lo stato tenso-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità con il procedere dell'avanzamento degli scavi. Anche in questo caso il rivestimento definitivo fornisce il margine di sicurezza a lungo termine.
- Categoria C - galleria a fronte instabile: l'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad un'accentuazione dei fenomeni deformativi, che risultano immediati e più rilevanti rispetto ai casi precedenti, manifestandosi prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Tali deformazioni producono un incremento dell'estensione della zona di ammasso decompressa in corrispondenza del fronte, dove si sviluppa un progressivo e rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento, che consentano di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

Le analisi condotte in questa fase, in condizioni di cavo libero e con il metodo delle linee caratteristiche, evidenziano i comportamenti di seguito descritti:

- di tipo "A" per le porzioni di tracciato ove le formazioni della Dolomia e del Calcare presentano

le caratteristiche di *ammasso integro*: i materiali attraversati presentano buone caratteristiche geomeccaniche e si prevede una comportamento definito di "*fronte stabile*" per tutte le coperture. I fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità con valori delle convergenze massime millimetriche, sia al fronte che lontano da esso. Lo stato tensionale al contorno della cavità si mantiene in campo elastico al fronte e pressoché elastico lontano dal fronte, ove si osserva la formazione di zone plasticizzate di trascurabile estensione.

- di tipo "B" e "B/C" per le porzioni di tracciato che attraversano *zone di faglia* o *contatti stratigrafici*: in tali zone è possibile ipotizzare la presenza di un contesto geomeccanico più scadente rispetto al precedente, che si riflette in un comportamento definito di "*fronte stabile a breve termine"*. Le convergenze al fronte risultano maggiori del cm (convergenze dell'ordine di 1÷4 cm). Lontano dal fronte le convergenze diventano significative, con valori compresi tra 5 e 14 cm, e si osserva la formazione di zone plasticizzate di elevata estensione.
- di tipo "B/C" per la porzione di tracciato in prossimità dell'*imbocco lato Noli*, dove la formazione della Dolomia presenta un significativo grado di fratturazione: per tale porzione si prevede un comportamento definito di "*fronte stabile a breve termine*" / "*fronte instabile*". La convergenze stimate sono inferiori al centimetro al fronte e dell'ordine del centimetro lontano dal fronte dove la convergenza massima è pari a 1.5 cm. Lo stato tensionale al fronte è prevalentemente elastico con la formazione, lontano dal fronte, di zone plasticizzate significative. Per questa zona sono state condotte analisi addizionali con il metodo dell'equilibrio limite proposto da Tamez.
- di tipo "A/B" per la porzione di tracciato in prossimità dell'imbocco lato Finale, dove la formazione del Calcare presenta un moderato grado di fratturazione e buone caratteristiche meccaniche: per tale porzione si prevede un comportamento definito di "*fronte stabile*" / "*fronte stabile a breve termine*". I fenomeni deformativi stimati sono di piccola entità con valori delle convergenze massime minori del cm, sia al fronte che lontano dal fronte, con valori della convergenza massima pari a 0.4 cm. Lo stato tensionale al contorno della cavità si mantiene in campo elastico al fronte e pressoché elastico lontano dal fronte, ove si osserva la formazione di zone plasticizzate di estensione trascurabile.

Durante la fase di terapia, in funzione delle particolari caratteristiche fisiche e meccaniche dell'ammasso, è stato infine possibile associare ad ogni categoria di comportamento individuata in fase di diagnosi (A, B, B/C) uno specifico intervento di rivestimento, presostegno e preconsolidamento. In particolare, sono state individuate n.7 sezioni tipo, la cui validità è stata verificata attraverso simulazioni numeriche condotte con il codice di calcolo agli elementi finiti PLAXIS V8.5. Tutte le sezioni individuate prevedono la realizzazione della galleria con uno scavo a sezione piena, preceduto da eventuali interventi di precontenimento del fronte e/o del cavo, seguito dalla realizzazione del rivestimento provvisionale e dei rivestimenti definitivi (arco rovescio, murette e calotta) eseguiti ad una prefissata distanza dal fronte. È inoltre prevista la posa in opera dell'impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante in PVC.

Si precisa che nei brevi tratti in Dolomia o in Calcare che si alternano alle zone che attraversano faglie o contatti tettonici, è stata adottata la stessa sezione tipo prevista per le zone tettonizzate. Tale soluzione risulta essere la più vantaggiosa dal punto di vista pratico e consente di garantire la lunghezza minima degli interventi di pre-sostegno al contorno e di pre-contenimento al fronte previsti per le zone tettonizzate.

L'adeguatezza delle scelte progettuali adottate dovrà essere verificata in fase costruttiva. Durante tale fase infatti un sistema di monitoraggio della galleria permetterà di procedere ad una "back-analysis" del comportamento del cavo, verificando le ipotesi progettuali assunte unitamente ai comportamenti deformativi previsti.

Per la galleria in oggetto si sono adottate le sezioni tipo riportate nelle relazioni specialistiche. La loro collocazione lungo il percorso è meglio identificata nell'elaborato grafico contenente il Profilo Longitudinale di *Tavola S3*.

La galleria insiste per quasi tutta la sua lunghezza su terreni scarsamente edificati per cui l'interferenza con insediamenti abitativi o produttivi non è particolarmente significativa. Ciò rende poco rilevanti, per la maggior parte del percorso, eventuali problematiche legate al controllo dei cedimenti in superficie ed alla limitazione delle vibrazioni prodotte dallo scavo. Sulla base delle conoscenze geologiche, geotecniche, geomeccaniche ed idrologiche è possibile prevedere, per lo scavo della galleria di progetto, modesti interventi di consolidamento al contorno del cavo che saranno localizzati in un numero limitato di situazioni.

Per una descrizione dettagliata dei metodi di scavo, preconsolidamento e sostegno si rimanda alla Relazione geotecnica e di calcolo della galleria.

4.2 OPERE D'ARTE MINORI

La descrizione delle opere d'arte minori è suddivisa fra la zona di imbocco lato Noli e la zona di imbocco lato Finale.

4.2.1 Zona imbocco lato Noli

Oltre alle opere strettamente legate alla realizzazione della galleria, nell'area adiacente all'imbocco lato Noli si rendono necessari interventi di adeguamento della carreggiata e di risistemazione della viabilità locale.

Per questi interventi è prevista la realizzazione delle seguenti di strutture:

- opera di scavalco stazione sollevamento;
- struttura di intersezione;
- fabbricato di rimessaggio;
- rampa pedonale;
- passerella ciclopedonale;
- opere di sistemazione idraulica del Rio Prete Bernardini nella sua parte terminale;
- muro di sostegno sistemazione Aurelia storica;
- locale tecnologico galleria.

In corrispondenza dell'imbocco lato Noli, il progetto prevede un fronte d'attacco della galleria con riprofilatura del versante in roccia esistente e l'esecuzione di uno scavo verticale di altezza variabile tra circa 4 e 19.5 m.

La funzione di sostegno dello scavo sarà affidata ad una paratia berlinese coadiuvata ad un sistema di chiodature passive ad essa ancorate (Paratia 1), di lunghezza complessiva pari a circa 111 m. A tergo della suddetta paratia ne sarà predisposte una seconda (Paratia 2) ed una terza (Paratia 3). In particolare, la Paratia 2 sarà disposta parallelamente alla prima per una lunghezza complessiva di circa 44 m (vedi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), mentre la Paratia 3 sarà posta a tergo dell'opera idraulica in prossimità dell'imbocco ed avrà una lunghezza modesta, pari a circa 6 m.

Tutte le paratie saranno di tipo berlinese, costituite da micropali armati con profili tubolari in acciaio, ancorate su più livelli tramite chiodature passive.

L'altezza massima fuori terra delle strutture di sostegno sarà pari a 19.5 m (Paratia 1), mentre il pendio a tergo delle opere avrà pendenze comprese tra 10° e 38°.

L'opera di scavalco, consistente in una struttura a ponte, si rende necessaria al fine di risolvere l'interferenza della nuova strada di progetto con la stazione di sollevamento ubicata nel Comune di Noli, ad una distanza compresa tra circa 130 e 150 m a monte dell'imbocco della galleria lato Noli.

Il manufatto di scavalco, sarà costituito da una fondazione a platea su micropali di altezza pari a m 1,20 da cui si

innalzeranno piedritti di spessore pari m 1,20. L'impalcato sarà costituito da travi prefabbricate in c.a. a T rovescia, dell'altezza netta di m 0,80 e successivo getto di calcestruzzo a formare un unico solettone di spessore totale pari a m 1,00. La larghezza totale interna dell'opera sarà pari a m 15,00. Sull'impalcato superiore sarà realizzata una pavimentazione idonea ad ospitare la pista ciclopedonale. La struttura sarà realizzata in maniera tale da non interferire (o interferire minimamente con conseguente risoluzione delle interferenze) con le strutture, i sottoservizi e le reti tecnologiche esistenti.

La struttura di intersezione sarà ubicata al di sotto dell'intersezione stradale e sarà destinata ad ospitare un parcheggio a cui sarà possibile accedere da lato mare. Per la discesa a quota mare e l'accesso al vicino hotel, la struttura sarà dotata di apposite rampa carrabile e rampa scale.

La struttura sarà caratterizzata da una pianta irregolare, necessaria ad assecondare lo sviluppo plano-altimetrico della soprastante viabilità e presenterà un'altezza interna di 4,05 m, sviluppata interamente al di sotto del piano stradale. L'opera sarà interamente in c.a. gettato in opera e presenterà una platea di fondazione di spessore 0,60 m fondata su micropali, setti perimetrali e interni di spessore 0,40 m, setti controterra interni di spessore variabile tra 0,50 m e 0,80 m, pareti sotto rampe di spessore 0.30 m, pilastri interni di dimensioni 0,60x0,30 m. La soletta di copertura avrà spessore di 0,50 m e sarà dotata di sbalzo perimetrale fronte mare.

Il fabbricato di rimessaggio sarà ubicato al di sotto della pista ciclabile e sarà destinato ad ospitare un locale a cui sarà possibile accedere dal fronte lato mare. La struttura sarà caratterizzata da una pianta irregolare, necessaria ad assecondare lo sviluppo plano-altimetrico della soprastante viabilità e presenterà un'altezza interna di 3,8 m, sviluppata interamente al di sotto del piano stradale. L'opera sarà interamente in c.a. gettato in opera e presenterà una platea di fondazione di spessore 0,60 m fondata su micropali, setti perimetrali e interni di spessore 0,40 m, setti controterra interni di spessore variabile tra 0,50 m e 0,80 m. La soletta di copertura avrà spessore di 0,50 m.

La rampa pedonale andrà a costituire parte integrante di un percorso pedonale sito nel Comune di Noli, avrà sviluppo complessivo pari a circa m 23 ed avrà inizio circa 160 m a monte dell'imbocco della galleria lato Noli. La struttura sarà articolata in quattro rampe di scale di differente lunghezza e da altrettanti pianerottoli anch'essi di differente lunghezza. L'andamento della scala non sarà rettilineo ma sia le rampe che i pianerottoli formeranno una spezzata. La larghezza strutturale di rampe e pianerottoli sarà pari a 120 cm.

La sistemazione idraulica del rio Prete Bernardini nella sua parte terminale sarà effettuata a partire dall'opera idraulica, posta nelle immediate vicinanze dell'imbocco lato Noli, per poi proseguire con una struttura scatolare idonea ad incanalare il fosso fino al suo sbocco in mare consentendo il libero deflusso delle acque.

L'opera idraulica di imbocco sarà realizzata a ridosso del versante collinare prospiciente l'imbocco lato Noli e sarà costituita da una discenderia. L'opera idraulica avrà in sommità forma trapezia e ad essa saranno convogliate le acque raccolte dai fossi di guardia ubicati a tergo della Paratia 1. L'opera sarà altresì corredata di opportuni pennelli, ovvero di setti verticali idonei a bloccare il trasporto di materiale grossolano all'interno del canale, in grado di impedire il regolare deflusso delle acque.

Il canale che si dipartirà dalla discenderia attraverserà la S.S.1 Aurelia, sarà corredato di un opportuno pozzo di areazione e proseguirà poi inserendosi tra l'area occupata dall'Hotel Capo Noli ed il parco di Villa Mayer, ricalcando l'attuale percorso del Rio Prete Bernardini.

Il canale sarà in parte totalmente interrato, costituito da una struttura scatolare (di dimensioni esterne di m 3,10 x 3,70 e dimensioni interne di m 2,50 x 2,50) ed in parte a cielo aperto, costituito da due paratie di micropali contrapposte e contenenti uno scatolare sagomato ad U .

La realizzazione del muro di sostegno di sistemazione Aurelia storica, si svilupperà a partire dalla progressiva km 0+40.00 fino alla progressiva km 0+117.00 e sarà costituito da un muro a mensola in c.a. gettato in opera.

Il locale tecnologico della galleria sarà realizzato nei pressi dello spazio antistante l'Hotel Capo Noli attualmente utilizzato per la sosta dei veicoli, ad una distanza di circa 80 m dall'imbocco lato Noli. Il locale sarà realizzato in

un solo piano, avrà pianta rettangolare di dimensioni massime pari a m 16,15 e m 6,58, per un'altezza di m 3,73, comprensiva di paraghiaia sommitale.

Il solaio sarà del tipo a predalles, su cui verranno realizzati due strati di riempimento di cui uno in ghiaia e l'altro in terreno vegetale. Le travi interne saranno in spessore di solaio mentre quelle perimetrali saranno del tipo "ricalate". Le fondazioni saranno del tipo a trave a T rovescia in calcestruzzo gettato in opera, il cui piano di posa è previsto a circa -1.15 metri rispetto al piano finito del piano terreno dell'edificio.

4.2.2 Zona imbocco lato Finale

In corrispondenza dell'imbocco lato Finale, che costituisce il fronte in uscita della Galleria e si sviluppa planimetricamente in direzione non perfettamente ortogonale all'asse longitudinale della galleria in corrispondenza dello stesso, il progetto prevede una significativa riprofilatura del versante in roccia esistente e l'esecuzione di uno scavo verticale di altezza variabile tra circa 3.5 e 30 m,per uno sviluppo complessivo di circa 52 m.

Al fine di garantire la stabilità e la sicurezza del versante nella sua nuova conformazione, sono previsti interventi di consolidamento costituiti da ancoraggi di tipo passivo (chiodature) che interesseranno sia la parete di imbocco che le pareti poste lateralmente alla galleria artificiale.

Nella sezione di transizione con la galleria artificiale, la galleria naturale è di tipo parietale: il piedritto lato mare viene infatti a trovarsi a circa 8 m di distanza dal fronte roccioso lato Aurelia. Allontanandosi dall'imbocco lo spessore del "pilastro" aumenta gradualmente fino a raggiungere ad una distanza di circa 36 m dall'imbocco uno spessore di circa 12 m. Lungo il tratto suddetto, al fine di garantire la stabilità e la sicurezza dei versanti, è previsto un placcaggio con ancoraggi passivi in barre d'acciaio e barre in vetroresina.

Il progetto preliminare prevedeva un avanzamento del fronte di scavo che procedesse a partire da entrambi gli imbocchi. In questa sede si è tuttavia ritenuto più opportuno procedere con l'avanzamento del fronte di scavo a partire del solo imbocco lato Noli. Ciò consentirà infatti di minimizzare i disturbi indotti dal cantiere mantenendo al contempo in esercizio la strada esistente S.S.1 Aurelia per un tempo molto maggiore, limitandone la chiusura ai soli intervalli di tempo durante i quali si procederà allo scavo di sbancamento dell'imbocco, alle operazioni finalizzate al consolidamento delle pareti rocciose ivi presenti, nonché alla realizzazione del tratto di galleria artificiale. Durante il tempo necessario alla realizzazione della galleria naturale la strada esistente S.S.1 Aurelia potrà così restare in esercizio. Le fasi di realizzazione della galleria in corrispondenza dell'imbocco lato Finale sono riassunte nel seguito:

- fase 1: scavo e realizzazione opere di consolidamento delle pareti rocciose in corrispondenza dell'imbocco lato Finale;
- fase 2: realizzazione del primo tratto di galleria artificiale in corrispondenza dell'imbocco lato Finale;
- fase 3: realizzazione della galleria naturale con avanzamento a partire dall'imbocco lato Noli, sfondamento in corrispondenza dell'imbocco lato Finale;
- fase 4: realizzazione del secondo e ultimo tratto di galleria artificiale in corrispondenza dell'imbocco lato Finale.

4.3 OPERE IDRAULICHE

Nel presente paragrafo vengono riportate le indicazioni in merito alla risoluzione dell'interferenza dell'opera in progetto con la tombinatura del rio Prete Bernardini e le previsioni di adeguamento conseguenti al nuovo andamento planoaltimetrico dell'infrastruttura stradale, nonché i criteri di predimensionamento dei sistemi di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma, con particolare riferimento alla sua funzione di impianto per la

sicurezza in galleria.

In *Tavola I2* è riportato lo schema del sistema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma, mentre le *Tavole I3 e I4* riportano lo schema di sistemazione della tombinatura del Rio Prete Bernardini.

4.3.1 Sistemazione del Rio Prete Bernardini

Gli interventi di sistemazione in progetto prevedono:

- la realizzazione di un nuovo manufatto di convogliamento delle acque di versante, con funzione anche di vasca di sedimentazione / controllo del trasporto solido;
- l'adeguamento in sezione dell'attuale tratto tombinato, ed il suo allungamento in funzione dei nuovi ingombri trasversali delle opere in progetto;
- il rifacimento del tratto a cielo aperto nell'area compresa tra il muro di delimitazione di villa Mayer e l'Hotel Capo Noli, compreso il tratto finale di attraversamento della struttura sottostante l'area piscina della villa e lo sbocco a mare.

Di seguito si riporta la descrizione delle opere sopra menzionate (vedi *Tavole I2 e I3*).

Gli interventi sono finalizzati in primo luogo all'inalveamento del rio Prete Bernardini, che viene intercettato in corrispondenza del nuovo muro di delimitazione della variante, ca. 10 metri a nord rispetto all'imbocco della galleria lato Noli. Il manufatto di convogliamento è costituito da un imbocco a pianta semiesagonale che nel lato a monte è dotato di una canale (largo un metro) che raccoglie i contributi dei due canali di gronda (in destra ed in sinistra idraulica) che permettono il controllo delle acque di ruscellamento sulla scarpata. Tale manufatto ha inoltre funzioni di sedimentatore e di trattenuta del materiale flottante / grossolano che viene fermato da una batteria di pali in acciaio (profili a sezione circolare con D=200 mm). Tale manufatto è poi dotato di una gàveta centrale dimensionata per il transito della portata di riferimento.

A valle del manufatto di imbocco la portata liquida viene quindi convogliata nel tratto tombinato attraverso un immissione opportunamente sagomato e raccordato. Occorre qui precisare che l'intervento in questione costituisce l'adeguamento della tombinatura esistente alle nuove esigenze viabilistiche ed alla portata di riferimento, per la quale si sono tenute in debito conto le prescrizioni di cui all'art. 3.4.2 della D.G.R.1360 del 19.11.2010. L'adeguamento prevede una sezione rettangolare di dimensioni nette interne pari a 2.50 x 2.50 m, che consente il transito della portata di piena con tempo di ritorno duecentennale con un franco di sicurezza di 150 cm; la lunghezza del tratto tombinato è di circa 36 m, ed è dotato di pendenza longitudinale pari all' 1.2%. E' inoltre previsto un pozzetto per l'areazione e l'accesso dei mezzi per la manutenzione, protetto da un grigliato in acciaio.

A valle dell'attraversamento dell'attuale sede stradale della S.S.1, è previsto un tratto di raccordo dalla sezione della tombinatura (2.50 x 2.50 m) a quella a cielo aperto, con larghezza che passa da 2.50 a 2.00 m in corrispondenza della rampa carrabile a servizio dell'Hotel Capo Noli. In tale tratto la pendenza passa all'1.7%. Tale larghezza viene mantenuta fino al termine dell'intervento, mentre l'altezza delle sponde laterali è variabile in modo da raccordarsi con l'attuale quota del piano campagna.

In questo tratto sono previsti 5 salti di fondo in modo da mantenere la pendenza di progetto e contestualmente perdere quota fino allo sbocco a mare; una volta raggiunto il risvolto del muro di recinzione dell'area deposito/piscina di Villa Mayer (che attualmente costituisce un vero e proprio sbarramento frontale e conseguente ostacolo al deflusso) se ne prevede la demolizione parziale per ottenere una luce di dimensioni non inferiori a 2.00x1.97 m e quindi il passaggio all'interno di tale area che andrà liberata da alcun ostacolo al deflusso. Tale soluzione consente, in altri termini, di ripristinare le "naturali" condizioni di deflusso e sbocco a mare del rio Prete Bernardini. All'interno dell'ultimo tratto non si operano interventi se non l'adeguamento in quota della soletta di fondo del canale ed in corrispondenza della parete lato spiaggia (su cui attualmente è posta la porta di accesso al deposito) si procederà in maniera analoga al muro lato monte, mediante demolizione parziale

ad ottenere una luce di dimensioni non inferiori a 2.00x1.97 m.

L'intervento termina con lo sbocco a mare che verrà rivestito con massi di I e II categoria (peso non inferiore a 1'000 kg/cad) opportunamente sagomato superiormente per convogliare le acque del rio e contestualmente garantire la percorribilità della battigia.

4.3.2 Sistema di smaltimento dei liquidi e delle acque di piattaforma

Il sistema previsto per lo smaltimento dei liquidi e delle acque di piattaforma è suddivisibile in:

- sistema di smaltimento dei liquidi di piattaforma in galleria;
- sistema di smaltimento delle acque di piattaforma nei tratti esterni;
- sistema di raccolta delle acque di percolazione;
- sistema di raccolta drenaggio dell'arco rovescio;
- vasca di sicurezza per il recapito del sistema di smaltimento della galleria.

Per quanto riguarda il sistema di smaltimento dei liquidi in galleria, si sono considerati i contributi di:

- sversamento accidentale, considerato per tutta la galleria ad esclusione, in considerazione delle difficoltà tecniche nel posizionamento della vasca di sicurezza nella zona di fine intervento lato Finale, del breve tratto compreso tra il colmo della stessa e l'imbocco della galleria lato Finale;
- incendio, per cui si ipotizza l'utilizzo immediato e contemporaneo di n°3 idranti del sistema antincendio fisso presente in galleria;
- lavaggio, con riferimento allo scenario di manutenzione relativo alle operazioni di lavaggio periodico di carreggiata e pareti laterali della galleria si ipotizza l'utilizzo contemporaneo di n. 2 idranti.

Il sistema di captazione dei liquidi di piattaforma in galleria è costituito da griglie con relativi pozzetti sifonati come di seguito descritto (vedi tavola I4 – "Raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma - Sezioni tipo e particolari"). Per la raccolta delle acque di piattaforma in galleria è prevista l'installazione di un elemento di captazione come sopra descritto con passo medio pari a 25 metri, per un totale di 30 unità in tutta la galleria: più in particolare, saranno posizionate 28 griglie con relativo pozzetto lungo il ciglio ovest (ciglio sul quale è disposta la tubazione di collettamento) e 2 lungo quello est (per il tratto con conformazione a "schiena d'asino"). Per il tratto in questione il pozzetto sul ciglio est verrà collegato al pozzetto sul ciglio ovest con un collettore in polipropilene. La raccolta e l'evacuazione all'esterno della galleria delle acque di piattaforma avviene mediante tubazione in polipropilene fino al sistema di trattamento in continuo posta nei pressi dell'edificio servizi.

Per quanto riguarda il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma nei tratti esterni alla galleria, ossia nei tratti di raccordo con la strada esistente (vedi *Tavole I6 e I7*), la raccolta avviene per mezzo di canali grigliati collegati al collettore di trasferimento, sempre in polipropilene.

I recapiti finali dei collettori sono:

- lato Noli, il tombino esistente presso la sez. - 8;
- lato Finale, l'attuale recapito, costituito dal terreno sottostante l'impalcato in prossimità dell'inizio dell'intervento in progetto.

Il dimensionamento degli elementi di captazione a servizio del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma è stato svolto con un diverso approccio per il tratto in galleria e per il tratto di raccordo esterno. Per il tratto in galleria, infatti, si è ipotizzata la captazione dello sversamento da parte di due caditoie, e pertanto la capacità di

drenaggio della griglia è riconducibile allo studio dello svuotamento di un serbatoio attraverso una luce a battente posta sul fondo. Per i tratti di raccordo esterni, al fine di stabilire quale sia l'interasse da assegnare alle caditoie è stato ipotizzato che la banchina funzioni come un canale a pelo libero con pendenza trasversale del 2.5%, larghezza allagabile variabile tra 1.20 m e 0.80 m sulla base dell'effettiva larghezza della banchina.

Limitatamente al tratto in galleria è necessario provvedere alla raccolta e smaltimento delle acque di percolazione e di drenaggio dell'arco rovescio (vedi *Tavola I4*). Nello specifico, le acque di percolazione (filtrazione attraverso le pareti della galleria) vengono raccolte su entrambi i lati della galleria mediante tubazioni in polietilene corrugato fessurato; ad interasse pari a 50 m si prevede il collegamento di tale tubazione con il collettore di collettamento in polipropilene posto al di sotto dell'impronta del profilo ridirettivo in un pozzetto di ispezione. In corrispondenza di tale immissione-ispezione si prevede quindi l'interruzione del profilo stesso.

La raccolta delle acque di drenaggio dell'arco rovescio avviene mediante una tubazione in polietilene corrugato fessurato mm posta sul fondo ed al centro dell'arco rovescio stesso; il rinfianco della tubazione con materiale arido assicura la corretta filtrazione verso la tubazione. I pozzetti di ispezione su tale linea sono posti ad interasse di 100 m. I recapiti finali di tali collettori sono:

- lato Noli: il rio Prete Bernardini;
- lato Finale: l'attuale recapito, costituito dal terreno sottostante l'impalcato in prossimità dell'inizio dell'intervento in progetto.

Per quanto attiene il trattamento in continuo delle acque di dilavamento provenienti dalla piattaforma verrà adottato un impianto di trattamento con decantazione e sedimentazione a pacchi lamellari al fine di provvedere:

- l'abbattimento dei solidi sospesi contenuti nelle acque di dilavamento mediante sedimentazione fisica in apposito comparto all'ingresso del dispositivo, prima della separazione dei liquidi leggeri;
- la separazione dei liquidi leggeri per coalescenza mediante pacchi lamellari "a nido d'ape" in polipropilene.

Solo nel caso di evento accidentale in galleria, tramite l'utilizzo del pulsante SOS dalle colonnine installate all'interno delle canne, verrà attivato il sistema che chiude rapidamente (in modo pressoché istantaneo) l'ingresso del disoleatore. Questo dispositivo è installato in un pozzetto immediatamente a monte del separatore in cui è realizzata anche la soglia di sfioro che mette in collegamento la condotta principale con la vasca di emergenza.

Per il contenimento degli eventuali sversamenti accidentali di sostanze pericolose provenienti dalla galleria è stata prevista la posa in opera, in fregio al dispositivo di trattamento in continuo, di un serbatoio cilindrico ad asse orizzontale in acciaio avente capacità utile pari a 50 m^3 con diametro esterno di 2,5 m, lunghezza 11.60 m e dotato di almeno due ispezioni Ø 600 mm. Il collegamento tra rete fognaria e serbatoio di emergenza è costituito dalla soglia di sfioro nel pozzetto di monte dove è installato il clapet di emergenza. La quota della soglia è tale da evitare lo sfioro in regime normale (con clapet aperto) e quindi la tracimazione potrà avvenire solo in caso di chiusura del clapet stesso.

4.4 OPERE A VERDE

La sistemazione a verde tiene conto delle indicazioni emerse dallo Studio di Incidenza.

Le opere a verde, si concentrano lungo il tratto di approccio all'imbocco lato Noli, considerato in prosecuzione con la passeggiata in cui trovano collocazione siepi ed oleandri, sono previste sistemazioni a verde lungo i margini stradali, lungo il muro di contenimento, ed al di sopra del coronamento della galleria artificiale.

In Tavola V1 sono rappresentate le superfici a verde, per le aree indicate con le lettere poste al margine stradale si prevede una sistemazione mediante specie tipo *Rosmarinus officinalis fo.nana*. Nella aiuola sul margine destro

è prevista la realizzazione della scritta "NOLI" mediante *Alternathera versicolor* o altre piante decorative, e uno spazio per l'installazione del logo Comunale o altre decorazioni che possano evidenziare la valorizzazione del territorio.

Nella area adiacente all'Aurelia storica è prevista una piantumazione mediante cespugli di macchia (mirto, fillirea) lungo la scarpata, mentre il parcheggio sarà delimitato da siepi di oleandri (*Nerium Oleander*)in analogia alla passeggiata. Al di sopra del locale tecnologico sarà creato una vasca nella quale saranno alloggiati ginestra di Spagna (Spartium Giunceun) e corbezzoli (Arbustus unedo).

Lungo il muro di contenimento, dove sono state previste vasche per la messa a dimora di essenze vegetali, è prevista una combinazione di cappero e rosmarino ricadente (per la copertura della porzione bassa del muro) e bouganville (*buganvillea spectabilis*) rampicante per la mascheratura della parte alta) in alternanza sulle successive vasche poste ad altezza diversa, al fine di creare una fascia verde di ampia estensione mediante la propagazione verso il basso e verso l'alto delle due essenze.

Al di sopra della galleria artificiale è prevista una piantumazione mediante corbezoli e mirto (Myrtus comunis).

L'area verde adiacente all'hotel capo Noli, di proprietà dell'hotel, sarà mantenuta per le parti non interessate dal progetto.

4.5 MISURE STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IN GALLERIA

Le *"Linee Guida per la progettazione della Sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente Seconda Edizione"* (ANAS 2009) per le gallerie di nuova costruzione pongono in essere una serie di regole per la progettazione delle misure di sicurezza mirate a garantire su tutta la rete nazionale il conseguimento degli obiettivi di sicurezza individuate a livello di Direttiva Europea per la Rete Trans-Europea:

- l'incolumità degli utenti;
- l'esodo in sicurezza degli utenti;
- l'intervento dei servizi di soccorso e spegnimento;
- il contenimento dei danni materiali.

Le componenti prescrittive in tal senso concernono sia misure strutturali che impiantistiche: nel presente paragrafo verranno illustrate le scelte in merito alle misure strutturali adottate, mentre per quelle impiantistiche si rimanda al Paragrafo 4.5.

La galleria in progetto presenta pendenze longitudinali inferiori al 3%, per cui non sono previste misure supplementari rispetto a quelle minime previste dalle linee guida.

Sulla base di quanto sopra, poiché la galleria ha una lunghezza inferiore a 1.000 m, non sono previste piazzole di sosta.

Fra le componenti prescrittive di particolare rilevanza ai fini progettuali risulta quella al Punto 3.3.1.4.7 delle Linee Guida, riferita ai percorsi di esodo: *"Nelle gallerie di lunghezza superiore a 500 m devono essere realizzate uscite dirette verso l'esterno, ovvero accessi pedonali verso gallerie di emergenza almeno ogni 300 m. Dove non risultasse possibile la realizzazione delle uscite pedonali all'interdistanza indicata è necessario giustificare l'assenza di tale misura di sicurezza mediante l'applicazione della metodologia di analisi di rischio"*.

Sulla base del Progetto Preliminare aggiornato, Infrastrutture Liguria ha fatto redigere una Analisi di Rischio per la Galleria Capo Noli (elaborato integrante il presente Progetto Definitivo) allo scopo di valutare il livello di sicurezza della stessa con o senza vie di fuga.

L'Analisi di Rischio tiene già conto della sezione funzionale di intradosso in galleria per tipo C2 prevista dalle norme tecniche *"Caratteristiche geometriche e funzionali delle gallerie - ANAS 2009"*.

I risultati dell'Analisi di Rischio, discussi con i tecnici ANAS, hanno confermato, in ultima analisi, la possibilità di ridurre le vie di esodo ad un unico cunicolo posizionato in centro galleria.

L'adozione di un unico cunicolo, condivisa da ANAS, è stata compensata con l'introduzione di alcune misure di sicurezza impiantistiche aggiuntive rispetto a quanto previsto nel Progetto preliminare.

Il cunicolo di esodo si è posizionato alla progr. 0+525, come visibile in *Tavola T12*, realizzando un compromesso anche in termini di contenimento della lunghezza dello stesso (127 m), essendo più lungo solamente di una decina di metri rispetto ad un'ipotetico cunicolo che minimizzi il proprio sviluppo. La pendenza longitudinale della via di fuga è pari al 6,6 % nel verso di esodo.

Il cunicolo conduce all'aperto lungo l'Aurelia esistente, soluzione che si ritiene pienamente compatibile con le previsioni di chiusura al traffico e di possibile riutilizzo a fini turistici, mentre si ritiene nulla la probabilità di interazione con i potenziali dissesti del fronte lungo il Capo.

In corrispondenza delle discontinuità create dall'uscita di emergenza, i profili ridirettivi saranno opportunamente inclinati rispetto ad entrambi i sensi di marcia.

In *Tavola T21* è riportata la sezione tipo prevista per il cunicolo di esodo, le cui dotazioni impiantistiche sono invece specificate nell'apposita Relazione tecnico-illustrativa impianti.

4.6 IMPIANTI TECNOLOGICI E DI SICUREZZA

Il progetto degli impianti, in questa fase preliminare, è sviluppato in ottemperanza a quanto contenuto nelle *"Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali"* (ANAS 2009).

Le misure impiantistiche di sicurezza sono preposte ad assicurare:

- il rilievo di condizioni anomale all'interno della struttura e le comunicazioni con gli utenti (monitoraggio, rilevazione, segnalazioni di scenari di emergenza);
- la protezione e l'esodo degli utenti (vie di fuga, illuminazione di emergenza, ventilazione, sistemi di mitigazione);
- l'accesso e la facilitazione delle operazioni di intervento degli addetti al soccorso (vie di accesso, illuminazione di emergenza, ventilazione, impianto idrico antincendio, sistemi di mitigazione);
- la prevenzione antincendio della galleria (reazione e resistenza al fuoco dei materiali e degli impianti, sistema di drenaggio).

I contenuti dei documenti promulgati a livello nazionale inerenti la sicurezza nelle gallerie stradali in genere (DM 05/06/2001) e la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali in particolare (Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 6/12/1999 n. 7938, Circolare dell'Ente Nazionale Strade 8/9/99 n. 7735) sono ripresi per determinare il grado di aderenza ed eventuale adattamento alle raccomandazioni contenute nella Direttiva 2004/54/CE emanata dal Parlamento Europeo concernente l'individuazione dei requisiti minimi di sicurezza per le gallerie stradali nella Rete Trans-Europea, e recepita dal Dlgs N°264 del 5/10/2006.

Le regole sono formulate recependo le soluzioni della buona pratica progettuale codificate in norme e regolamenti promulgati a livello nazionale ed internazionale (Documenti UNECE, NFPA, PIARC) nell'ambito di un approccio prestazionale alla progettazione ed all'adeguamento della sicurezza nelle gallerie stradali basato sulla metodologia dell'analisi di rischio probabilistica in conformità ai suggerimenti della Direttiva.

Le raccomandazioni di buona pratica si intendono suscettibili di modifica ed adeguamento in funzione del progresso tecnologico e delle conoscenze scientifiche consolidate sulla dinamica degli eventi incidentali critici.

Le raccomandazioni contenute nelle regole si applicano a tutte le gallerie presenti sulla rete stradale nazionale aperte alla pubblica circolazione, caratterizzate da una lunghezza superiore a 500 m, in modo indipendente dalle modalità di costruzione.

Di seguito, riprendendo i contenuti della guida ANAS, sono elencati e descritti i sistemi di sicurezza previsti per l' infrastruttura in progetto, la cui descrizione dettagliata è riportata nella Relazione tecnico-illustrativa impianti:

- fabbricati tecnologici a servizio degli impianti in galleria (cabine elettriche);
- trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica;
- illuminazione della galleria;
- illuminazione delle vie d'esodo;
- segnaletica luminosa;
- pannelli a messaggio variabile;
- SOS e armadi apparecchiature per by-pass e nicchie;
- rilevamento incendio in galleria;
- impianto di copertura radio in galleria (predisposizione);
- sistema di supervisione e controllo;
- sistema TVCC;
- sistema idrico antincendio;
- pressurizzazione della via di fuga;

Nei pressi dell'imbocco lato Noli sarà realizzato il fabbricato cabina elettrica composto da:

- un locale consegna dedicato all'ente fornitore;
- un locale misure;
- un locale BT dedicato alla trasformazione e distribuzione della potenza;
- un secondo locale BT dedicato agli apparati di supervisione e controllo;
- un locale gruppo elettrogeno.

Per ulteriori dettagli si rimanda Relazione tecnico-illustrativa impianti.

5 INTERFERENZE CON LE RETI TECNOLOGICHE ESISTENTI

Nel presente Capitolo 5 vengono poi esposti gli aspetti relativi all'interazione del tracciato con le infrastrutture a rete esistenti. Il paragrafo 5.1 descrive la situazione attuale delle reti dei sottoservizi, mentre nel paragrafo 5.2 vengono ipotizzate le proposte di risoluzione delle interferenze del tracciato con le altre infrastrutture.

5.1 STATO DI FATTO

In parallelo alle attività di progettazione sono state condotte indagini finalizzati a definire la presenza di sottoservizi o infrastrutture a rete potenzialmente interferenti con il progetto.

Sono stati presi contatti con i seguenti enti, o società, gestori dei servizi a rete sul territorio comunale:

- Consorzio per la Depurazione delle Acque di Scarico del Savonese S.p.a.;
- ENEL S.p.a.;
- Italgas, gruppo ENI;
- Acquedotto di Savona S.p.a.;
- TELECOM Italia;
- Interoute;
- Comune di Noli.

Dal momento che la maggior parte del tracciato si sviluppa in galleria, le indagini in merito alla presenza di sotto servizi si è concentrata presso le zone raccordo fra la variante e la viabilità esistente.

In *Tavola T7* è riportato lo stato di fatto di tutte le infrastrutture a rete interferenti con l'opera in progetto.

Secondo quanto precisato nelle note di accompagnamento alle planimetrie recepite, le indicazioni riportate nelle tavole di progetto sono da considerarsi di massima, essendo possibili discordanze con la situazione reale; si prevede che in fase di progettazione esecutiva il progettista richieda un tracciamento a terra delle reti da parte degli enti gestori per le interferenze maggiormente significative.

In prossimità dell'imbocco lato Noli sono state identificate le seguenti infrastrutture:

- Edificio della Stazione di Sollevamento S15, condotta in pressione di mandata al depuratore DN 300 in uscita dalla Stazione di Sollevamento, presente longitudinalmente sottostrada lato mare fino alla progressiva 0-30.00 circa ad una quota di circa 0,85 m dal piano stradale, tubazione di arrivo dalla Stazione di Sollevamento di Varigotti in ingresso alle vasche della stazione di sollevamento posta lungo spiaggia ad una distanza di circa 2 m dalla condotta acque nere del Comune di Noli, realizzata in PEAD - competenza del Consorzio per la Depurazione delle Acque di Scarico del Savonese;
- rete di distribuzione elettrica MT e BT interrata in ingresso e uscita dalla cabina di trasformazione alloggiata in un locale interno dell'edificio ospitante la stazione di sollevamento S15 per la distribuzione BT/MT, quadri MT e BT alloggiati in corrispondenza della valletta Rio di Prete, linea aerea MT di collegamento con Varigotti e linee elettriche aeree BT per la distribuzione alla Stazione dei Carabinieri del faro di Capo Noli e a civili abitazioni - competenza ENEL;
- rete di distribuzione gas metano in bassa pressione presente sottostrada longitudinalmente lato monte ad una profondità dal piano stradale di circa 60 cm con una tubazione in acciaio saldato DN 100, con una derivazione trasversale all'asse stradale per la fornitura di utenze lato mare alla progressiva 0-30.00 circa - di competenza di Italgas;
- rete acqua potabile presente sottostrada longitudinalmente lato monte (ad una distanza dal ciglio di monte di circa 30 cm) con una tubazione da 2" in acciaio che attraversa la viabilità esistente per la fornitura dell'hotel Capo Noli e di Villa Mayer in corrispondenza

del tombino del Rio Prete Bernardini, è presente una derivazione trasversale all'asse stradale per la fornitura di utenze lato mare alla progressiva 0-30.00 circa - di competenza dell'Acquedotto di Savona;
- rete telefonica costituita da un tratto aereo proveniente dall'abitato di Noli, collocato sul contrafforte roccioso antistante l'Hotel Capo Noli, e da un tratto interrato in canaletta che attraversa l'Aurelia esistente utilizzando il tombino del Rio Prete Bernardini - di competenza Telecom;
- rete fibra ottica, presente sottostrada longitudinalmente lato mare ad una distanza di circa 1,5-2 m dal ciglio stradale - di competenza Interoute;
- rete acque nere del Comune di Noli in ingresso alle vasche della stazione di sollevamento, posta lungo spiaggia ad una distanza di circa 6 m dal filo dell'edificio colonia Torino, DN300 in ghisa; condotta di scarico d'emergenza DN 400, presente lungo spiaggia a sud della stazione; condotta di scarico delle acque nere provenienti dal'hotel Capo Noli, indicata dai tecnici comunali in parallelo alla condotta di scarico di emergenza della Stazione di Sollevamento e condotte di scarico della Colonia Torino perpendicolari alla condotta principale.

In prossimità dell'imbocco lato Finale è presente unicamente la rete fibra ottica, di competenza Interoute, posizionata sottostrada longitudinalmente lato mare (circa sotto la striscia di margine della carreggiata), fino alla progressiva 0+970 circa, per poi passare su di una canalina staffata all'esterno dei muri dei viadotti ad arco esistenti.

5.2 PROGETTO DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE

Nelle *Tavole* da *T8* a *T11* sono riportati, per ogni infrastruttura interferente, gli stralci plano-altimetrici di inquadramento ante/post operam: di seguito si riporta una sintesi dei progetti di risoluzione di ogni singola interferenza.

I progetti di risoluzione presentati e le relative stime economiche sono state elaborate con la collaborazione dei soggetti gestori interessati.

Le infrastrutture a rete interferenti con l'opera che necessitano di spostamenti sono:
- Stazione di Sollevamento S15:
  - condotta premente DN 300;
  - condotta di scarico di emergenza DN 400;
  - tubazioni di adduzione delle acque nere da Noli e da Varigotti;
- linee elettriche MT e BT Enel;
- tubazione gas DN 100 Italgas;
- tubazione acqua potabile 2";
- linea telefonica Telecom;
- linea fibra ottica Interoute;
- condotta di scarico Hotel Capo Noli.

La realizzazione della rampa di raccordo alla viabilità esistente interferisce direttamente con la struttura dell'edificio della Stazione di Sollevamento S15, in quanto la quota di imposta del piano viario al di sopra dell'edificio è compresa fra 6,22 e 7,03 m s.l.m., mentre la quota del colmo della copertura a falde della struttura è pari a 8,40 m s.l.m.

La risoluzione dell'interferenza con la struttura è parte integrante del progetto strutturale e prevede la realizzazione di una struttura a ponte per lo scavalco della stazione di sollevamento. Il manufatto sarà poggiato su una fondazioni a platea su micropali da cui si innalzano i ritti aventi uno spessore di 1,20 m. L'impalcato è costuito da travi prefabbricate in c.a. a T rovescia, dell'altezza netta di 0,80 m e successivo getto di calcestruzzo a formare un unico solettone di spessore totale 1,00 m. La larghezza totale interna dell'opera di scavalco è pari a

15,00. Sull'impalcato superiore verrà realizzata la pavimentazione della pista ciclopedonale, il fronte anteriore sarà tamponato in modo da creare un'unica superficie con la parete esistente della Stazione di sollevamento, finita in pietra a vista. Saranno mantenute tutte le aperture e gli accessi sia alla Stazione di pompaggio che alla cabina ENEL. Per l'esecuzione di tali opere in fase di cantiere è prevista la realizzazione di un piano provvisionale sottocopertura sigillato con telo in polipropilene contro le infiltrazioni.

Le fondazioni della struttura dell'intersezione sono interferenti con:

- la tubazione premente in uscita DN 300 in ghisa, per un tratto di circa 15 m tra l'uscita dalla struttura e il muro di contenimento attuale dell'Aurelia;
- la tubazione di mandata dalla stazione di sollevamento di Varigotti in ingresso alle vasche della stazione di sollevamento, posta lungo spiaggia ad una distanza di circa 8 m dal filo dell'edificio colonia Torino, e realizzata in PEAD;
- la rete acque nere del Comune di Noli in ingresso alle vasche della stazione di sollevamento, posta lungo spiaggia ad una distanza di circa 6 m dal filo dell'edificio colonia Torino, e realizzata in ghisa risulta interferente con le fondazioni delle strutture a mare per un tratto di circa 25 m;
- la tubazione dello scarico di emergenza DN 400 in ghisa per un tratto di circa 30 m tra l'uscita dalla struttura e la spiaggia antistante l'Hotel Capo Noli.

Tutti i tratti interferiti saranno sostituiti con tubazioni di analogo diametro e materiale, secondo i tracciati identificati in *Tavola T8*.

Per quanto riguarda l'interferenza con le reti ENEL in Media Tensione, tutte le opere lato Noli sono interferenti con la linea in arrivo alla cabina di trasformazione, sia da Noli che da Varigotti. Per la risoluzione di tale interferenza si è evitato il ricorso a spostamenti in provvisorio, studiando un tracciato sostitutivo definitivo in collaborazione con i tecnici ENEL. Sarà realizzato un tratto in ingresso alla Cabina di trasformazione parallelo al muro lato nord della stazione di sollevamento S15; in Tavola G10 è riportato il particolare della struttura compresa fra il muro lato nord della stazione e la spalla della struttura, il nuovo tratto delle condotte MT dovrà essere posizionato in tale spazio, previsto di 1,80 m netti, tenendo conto della presenza della tubazione premente DN 300 del Consorzio nella sua configurazione di progetto. La nuova linea proseguirà sottostrada a quote compatibili con il piano stradale esistente e di progetto, posizionandosi al ridosso del versante in posizione idonea al collegamento alla cabina di trasformazione alloggiata nel locale tecnico impianti di progetto. La linea proseguirà quindi in aereo con una nuova tesata fra il palo indicato con B' in Tavola T10, di nuova realizzazione, ed il palo B'' realizzato in sostituzione del palo 3 della linea di Bassa tensione di alimentazione alla Stazione dei Carabinieri di Capo Noli, per poi collegarsi alla linea esistente in corrispondenza del palo 3 della linea MT.

Per quanto riguarda l'interferenza con le reti ENEL in Media Tensione, utte le opere lato Noli sono interferenti con le linee in partenza dalla cabina di trasformazione. Le linee interrate dirette verso l'hotel, la villa e la galleria saranno sostituite utilizzando un provvisorio in fase di esecuzione lavori, in sostituzione del tratto interferito; in configurazione definitiva sarà posta sottostrada e parimenti saranno trattate le utenze lato mare. Le linee aeree dirette alla Stazione dei Carabinieri ed alle abitazioni civili saranno deviate in definitivo secondo i percorso delle linee MT e saranno staccate dai pali di nuova realizzazione C' e C''.

La rete gas in bassa pressione presente sottostrada lato monte risulta interferente con l'abbassamento del piano viario nel tratto di attraversamento dell'Aurelia (tratto A-B) e con la struttura a mare con la derivazione destinata ai Bagni Ziggurmare (tratto C-D). Entrambi i tratti interferiti dovranno essere sostituiti con tubazioni di analogo diametro e materiale, posti in scavo secondo i tracciati identificati in Tavola T9: i nuovi tratti hanno una lunghezza rispettivamente di circa 60 m e circa 20 m. Il nuovo tratto della tubazione a servizio dei Bagni dovrà essere posizionato nello spazio compreso fra il muro lato nord della stazione e la fondazione, previsto di 1.80 m netti, tenendo conto della presenza delle linee elettriche BT/MT, della tubazione DN 300 del Consorzio nella loro configurazione di progetto e della tubazione acqua per l'alimentazione dei bagni Ziggurmare.

La rete acqua potabile presente sottostrada lato monte risulta interferente con l'abbassamento del piano viario

nel tratto di attraversamento dell'Aurelia (tratto A-B) e con la struttura a mare con la derivazione destinata ai Bagni Ziggurmare (tratto C-D). In sostituzione del tratto AB è prevista una nuova tubazione, in ghisa sferoidale DN 80, posta in scavo secondo il tracciato identificato in Tavola T9, per una lunghezza pari a 130 m, la quota di posa sottostrada nel tratto A-B dovrà essere compatibile con la quota del piano stradale di progetto (particolare Sezione AA) e con la nuova tubazione gas nella sua configurazione di progetto.

La rete telefonica aerea in arrivo da Noli risulta interferente con il taglio del contrafforte roccioso, dal palo 2 fino al tombino esistente del Rio Prete Bernardini. In sostituzione di tale tratto è prevista una nuova linea in canalina che utilizzi i manufatti esistenti di sistemazione del versante, in posizione non interferente con gli scavi. Dal punto più prossimo all'Aurelia verrà realizzato uno scavo per la posa del cavo sottostrada fino al muro di sostegno dell'Aurelia dove verrà riallacciata la linea attuale.

La rete fibra ottica di proprietà di Interoute è interferente per il muro di sostegno della Aurelia storica fra le sezioni 5 e 6 circa. Non risulta interferente presso l'imbocca lato Finale in quanto posta in posizione marginale all'Aurelia esistente. Per risolvere tale interferenza, visto l'elevato costo di uno spostamento con interruzione del servizio delle reti ospitate all'interno dell'infrastruttura, il muro di sostegno sarà realizzato in modo tale che l'infrastruttura Interoute sia inglobata al suo interno per il tratto in cui essi si intersecano (circa 15 metri).

6 ASSETTO PATRIMONIALE DELLE AREE INTERESSATE DAL PROGETTO

La situazione patrimoniale delle aree interessate dal progetto è stata accertata mediante ricerca catastale; in *Tavola T6* è riportata la planimetria catastale delle aree interferite dal progetto.

In tale planimetria sono rappresentate le aree di proprietà di terzi che dovranno essere soggette ad esproprio o che saranno oggetto di occupazione temporanea per la realizzazione dell'opera, individuate secondo i *"Criteri per la redazione degli elaborati Espropriativi"* forniti da ANAS - Direzione Centrale Programmazione.

Poiché parte delle opere e del cantiere per la loro realizzazione ricade in aree demaniali in *Tavola T6* sono separatamente rappresentate le aree demaniali appartenenti al Demanio Pubblico dello Stato Ramo Marina Mercantile con le indicazioni finalizzate alla Consegna ad ANAS delle aree demaniali ai sensi dell'Art. 34 del Codice della Navigazione ed alla successiva disciplina delle aree in concessione.

I mappali interessati dall'opera, comprese le Aree di Cantiere 1 e 2 adiacenti agli imbocchi, ricadono nel Comune di Noli Foglio 18 del catasto terreni della Provincia di Savona, le Aree di Cantiere 3 e 4, ricadono rispettivamente:

- nel Comune di Finale Ligure – Foglio 31;
- nel Comune di Noli – Foglio 12.

Le aree private oggetto di esproprio hanno una superficie complessiva di circa 6.965 mq di cui:

- 4.091 mq presso l'imbocco lato Finale, interamente non edificabili;
- 282 mq presso l'imbocco del cunicolo di esodo, interamente non edificabili;
- 2.592 mq presso l'imbocco lato Noli, di cui:
  - 2.162 non edificabili;
  - 398 di pertinenza dell'immobile Hotel Capo Noli;
  - 32 di pertinenza dell'immobile Colonia Torino.

Le aree private oggetto di occupazione temporanea hanno una superficie complessiva di circa 3.346 mq di cui:

- 826 mq presso l'imbocco lato Finale, interamente non edificabili;
- 2.520 mq presso l'imbocco lato Noli, di cui:
  - 2.153 non edificabili,
  - 367 di pertinenza dell'immobile Hotel Capo Noli,
  - 73 di pertinenza dell'immobile Colonia Torino;

A tali aree si aggiungono circa 4.577 mq di occupazione temporanea per l'Area di Cantiere 3.

Le aree oggetto di intervento che ricadono all'interno del Demanio Pubblico dello Stato Ramo Marina Mercantile sono un totale di 7.133 mq e risultano in parte concessione:

- 233 mq oggetto di concessione a Soc. Hotel Capo Noli (parte della concessione attuale di arenile asservito e area in terra battuta destinata al parcheggio);
- 49 mq oggetto di concessione a Nolisportmare (parte della concessione attuale);
- 234,50 mq oggetto di concessione a Comune di Torino (intero arenile asservito in concessione);
- 580 mq oggetto di concessione a Società Sportiva Anton da Noli (intera concessione attuale);
- 86 m oggetto di concessione a Luoni Annamaria e Luoni Altea concessione per deposito e terrazzo pertinenza Villa Mayer.

Il locale Stazione di Pompaggio e Cabina ENEL corrispondente al mappale 415 del Foglio 18, risulta in concessione al Consorzio per la Depurazione delle Acque della Provincia di Savona ed ad ENEL, con i quali dovranno essere presi specifici accordi al fine di garantire lo svolgimento delle funzioni pubbliche. Parimenti potranno essere concordate con il concessionario "Villa Mayer" le modalità di intervento in quanto saranno occupate unicamente le aree a quota spiaggia per la rettificazione del Rio Prete Bernardini, mentre le aree riguardanti il terrazzo soprastante non saranno oggetto di intervento.

Al termine dei lavori il sedime stradale della S.S.1 Aurelia ricadente sul Demanio Pubblico dello Stato Ramo Marina Mercantile in seguito all'ampliamento realizzato permarrà in consegna ad ANAS per mq 165, la restante porzione, comprese le opere di raccordo alla viabilità esistente e la pista ciclopedonale tornerà in disponibilità del Demanio ed il Comune di Noli, in quanto soggetto titolato, disporrà le nuove concessioni secondo la normativa vigente; in *Tavola T6* è riportato lo schema di massima ipotizzato con Comune di Noli ed Agenzia del Demanio per le aree in concessione al termine dei lavori. Si evidenzia che la struttura della pista ciclopedonale verrà realizzata tramite una passerella in quota che permetterà l'utilizzo dell'intero arenile sottostante garantendo l'accessibilità al piano a quota spiaggia della c.d. Colonia Torino.

Si segnala che la realizzazione del percorso ciclopedonale muterà le condizioni relative alla facciata lato mare dell'edificio c.d. Colonia Torino: premesso che al termine dei lavori la presenza del percorso ciclopedonale migliorerà l'accessibilità all'edificio e che le strutture della passerella lasceranno accessibili i piano a quota spiaggia, creando una porzione di arenile coperto, si ritiene che l'edificio nel suo complesso vedrà incrementato il proprio valore venale se destinabile a funzioni turistico-ricettive, compensando ampliamente la parziale svalutazione legata alla minor fruizione paesaggistica dal piano a quota strada.

Per quanto riguarda le concessioni in capo ad ENEL ed al Depuratore si evidenzia unicamente che a tali enti, gestori di servizi pubblici, dovrà essere garantita la continuità di erogazione del servizio, per cui dovranno essere previsti specifiche pattuizioni sia in sede di consegna ad ANAS che successivamente nella ridefinizione delle aree in concessione.

7 CANTIERIZZAZIONE DELL'OPERA

Il presente capitolo rappresenta una sintesi dei contenuti della specifica Relazione sulla cantierizzazione, la quale descrive tutte le attività connesse alla costruzione dell'infrastruttura di progetto illustrando l'individuazione e l'organizzazione delle aree di cantiere e della viabilità di collegamento, la cronologia delle fasi di avanzamento della costruzione in relazione alle ricadute sulla viabilità esistente e la ricerca di cave per l'approvvigionamento di materie.

Da un punto di vista logistico, l'opera è caratterizzata dalla carenza di spazi operativi adiacenti ai due imbocchi (dovuta alla conformazione orografica del territorio, caratterizzata da versanti alti e ripidi a strapiombo sul mare e lato Noli, alla vicinanza all'abitato), ciò ha comportato la necessità di reperire aree per i baraccamenti di cantiere, il deposito dei materiali da costruzione, il parcheggio dei mezzi d'opera e la gestione dei materiali di scavo in zone non adiacenti agli imbocchi. Il Cantiere sarà, pertanto, suddiviso in quattro aree di cantiere distinte (individuate in *Tavola C1):*

- area di Cantiere 1 - Imbocco Noli, costituirà il principale cantiere operativo sia per la realizzazione delle opere a mare dell'Aurelia sia per lo scavo della galleria, il quale avverrà con un unico fronte d'attacco in direzione Noli →Finale.
- area di Cantiere 2 - Imbocco Finale, è un'area essenzialmente piana tra l'Aurelia esistente e il versante in roccia;
- area di Cantiere 3 - Malpasso, a monte dell'Aurelia in località Malpasso, nel Comune di Finale Ligure, occupa parte del sedime della linea ferroviaria dismesso, su di essa è prevista l'installazione del cantiere base (baracche di cantiere, deposito dei materiali da costruzione e area di sosta dei mezzi d'opera);
- area di Cantiere 4 - Parcheggio Spiaggia Spotorno, a mare dell'Aurelia, a nord di Punta Vescovado, in Comune di Noli, sarà utilizzata per la gestione del materiale di scavo.

Ai problemi logistici della disponibilità di aree per la cantierizzazione, si aggiunge la necessità di minimizzare i periodi di chiusura al transito del tratto di Aurelia esistente, condizione imprescindibile nelle fasi di lavorazione connesse alla realizzazione dei due imbocchi. Per tale ragione la schematizzazione delle fasi di realizzazione dell'opera tiene, inoltre, conto dei vincoli legati all'accessibilità alle aree private o in concessione (Hotel e bagni Capo Noli, bagni Ziggurmare, Villa Mayer, colonia Torino, stazione di sollevamento delle acque nere) e pubbliche (spiagge libere lungo il primo tratto di Capo Noli).

Data la conformazione delle aree la viabilità di cantiere propriamente detta sarà limitata in corrispondenza degli imbocchi ed all'interno dell'opera in sotterraneo con l'avanzare della sua realizzazione; nei periodi di chiusura al traffico dell'Aurelia la stessa potrà essere utilizzata in esclusiva dai mezzi di cantiere per il collegamento delle aree di cantiere poste lato Noli (1 e 4) e quelle poste lato Finale (2 e 3).

Lo studio delle fasi di cantierizzazione dell'opera si è schematizzato in otto fasi distinte, riassunte di seguito, ed in in *Tavola C3*:

- Fase 1: lato Noli - allestimento Cantiere Base, Cantiere 1 A e Cantiere 4, spostamento sottoservizi interferenti, preparazione area cantiere 1 per la realizzazione delle opere a mare dell'Aurelia, realizzazione della rampa provvisionale; viabilità lungo l'Aurelia;
- Fase 2: lato Noli - realizzazione delle opere a mare e del tratto terminale di Rio Prete Bernardini, smantellamento della rampa provvisoria, viabilità lungo l'Aurelia, realizzazione del raccordo provvisorio tra Aurelia e tratto di nuova viabilità, da utilizzare nelle successive fasi di costruzione al fine di creare gli spazi necessari al Cantiere 1B;
- Fase 3: lato Noli - allestimento del cantiere per la demolizione del contrafforte, rifacimento della tombinatura del Rio Prete Bernardini, sbancamento dello sperone roccioso e realizzazione delle opere di sostegno del fronte; lato Finale - allestimento del cantiere 2, sbancamento del fronte con realizzazione di opere di sostegno provvisorie,

preparazione del fronte per l'imbocco, realizzazione della prima parte del tratto di galleria artificiale; in questa fase, articolata su due fronti, è prevista la chiusura al transito della viabilità per circa 5 mesi, in fase esecutiva potrà essere valutata l'apertura a senso unico alternato quando le lavorazioni si allontaneranno dal bordo strada;

- Fase 4: scavo e realizzazione dell'artificiale di imbocco lato Noli; per questo periodo potrà essere valutata la possibilità di mantenere o istituire un senso unico alternato;
- Fase 5: scavo della galleria naturale, comprensiva della realizzazione del drenaggio e la fondazione stradale escluso il tratto parietale lato Finale, nonché del cunicolo di esodo fino a 20 m dallo sbocco sull'Aurelia; viabilità lungo l'Aurelia aperta al libero transito;
- Fase 6: scavo del tratto parietale lato Finale e dello sbocco del cunicolo e completamento della galleria artificiale lato finale; è prevista la chiusura totale al transito da mantenere fino alla realizzazione della galleria artificiale, in corso d'opera potrà essere valutata la possibilità di istituire un senso unico alternato, condizionato a sistemi di regolazione semaforica e monitoraggio o ad attività di messa in sicurezza del fronte;
- Fase 7: realizzazione impianti tecnologici, di illuminazione e sicurezza, posa in opera sistema di raccolta acque, barriere e profili re direttivi, pavimentazione stardale segnaletica e raccordo della nuova viabilità ai tratti esistenti; sarà prolungata la chiusura totale al traffico prevista per la Fase 6 per la realizzazione delle opere di collegamento, che comportano la modifica della sede attuale - periodo totale stimato di 3 mesi;

Fase 8: realizzazione tratto terminale percorso ciclabile e pedonale; viabilità lungo l'Aurelia aperta al libero transito.

Le fasi sopra schematizzate andranno, in parte, a sovrapporsi in modo tale da ottimizzare le lavorazioni nei periodi di chiusura dell'Aurelia e ridurre la durata complessiva dei lavori, così come illustrato dal crono programma dei lavori; la Fase 8, in particolare, risulta indipendente dalle altre lavorazioni ed è prevista immediatamente a seguito della realizzazione delle opere a mare.

Il cantiere base e l'area di gestione dei materiali di scavo saranno allestite all'inizio dei lavori.

Per quanto riguarda l'approvvigionamento e lo smaltimento dei materiali, si è effettuata una ricerca sulla presenza di cave estrattive e discariche in attività presenti nella zona. Si è ottenuto come risultato l'individuazione di due siti di prestito e un sito di rifiuto di materiale (vedi Relazione sulla cantierizzazione – par. 2.4 e *Tavola C2*).

8 GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO

Nel corso della realizzazione della Variante alla S.S.1 Aurelia – Capo Noli verranno realizzate opere in sotterraneo e sbancamenti che produrranno circa 122.950 mc di terre e rocce valutati in banco.

Le terre e rocce da scavo prodotte saranno gestite secondo tre modalità distinte:

- Tipo A: terre e rocce contenenti elementi in vetroresina utilizzati per il consolidamento del fronte, materiali e terreni di decortico, materiali di risulta dalle perforazioni: da gestire come rifiuto;
- terre e rocce prodotte dalle altre attività di scavo:
  - Tipo B: commercializzazione in virtù delle caratteristiche petrografiche;
  - Tipo C: utilizzo all'interno del cantiere per la realizzazione di sottofondi, riempimenti e ripascimento.

I quantitativi da gestire sono riassunti nella seguente tabella.

Tipologia	Opera	Volume in banco - mc	Coefficiente	Volume in cumulo - mc
Tipo A	-	27.250	1,3	35.425
Tipo B	-	58.700	1,3	76.300
Tipo C				
	Riutilizzati in cantiere	9.950	1,3/1,1	11.750
	Ripascimento	27.050	1,3/1,1	32.000
Totale		**122.950,00**		**155.475**

Tabella 8.1 – Quantitativi di materiale di scavo da gestire

Per dettagli si rimanda alla specifica Relazione del piano di gestione delle materie, in cui sono riportati:

- il quadro normativo di riferimento;
- le caratteristiche del sito di produzione e le caratteristiche geologiche dei materiali oggetto di scavo, le volumetrie previste e le tecniche di scavo (Fase di Produzione);
- le destinazioni dei materiali con l'identificazione delle opere che prevedono l'utilizzo dei materiali di scavo all'interno del progetto e le lavorazioni finalizzate al riutilizzo in cantiere, nonchè le modalità di trasporto (Fase di Utilizzo).