

NOTA DI ACCOMPAGNO ALLA PRESENTAZIONE DEL PFTE DEL TUNNEL SUBPORTUALE DI GENOVA AL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI A SEGUITO DEL PARERE DEL 19.12.2022

Con riferimento alle conclusioni del parere espresso dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con adunanza del 24.11.2022 (trasmesso il 19.12.2022) sul progetto del Tunnel Subportuale di Genova, qui di seguito riportate:

Tutto ciò premesso, poiché, come risulta da quanto precede, le risposte fornite dal proponente ASPI con nota prot. 0017844/EU del 3.10.2022 a specifiche richieste della Commissione relatrice (note prot. nn. 8883 e 8900 del 21.9.2022) consistono perlopiù in meri propositi da attuarsi nelle fasi progettuali successive, mentre le numerose e rilevanti criticità evidenziate dalla suddetta Commissione ineriscono aspetti progettuali che la legge prevede siano affrontati e risolti già nell'ambito del PFTE, la Sezione, a maggioranza, è del PARERE che il Progetto di fattibilità tecnica ed economica "Tunnel sub-portuale urbano di attraversamento della Città di Genova", presentato dalla Direzione generale per le strade e le autostrade con nota prot. n. 17800 del 8.7.2022, debba essere restituito al Proponente per essere rielaborato nel rispetto delle prescrizioni, raccomandazioni e osservazioni di cui ai precedenti "considerato"

in allegato alla presente viene ripresentato il PFTE, lo Studio di Impatto Ambientale e l'Analisi di Rischio, rielaborati tenendo conto delle prescrizioni, raccomandazioni e osservazioni ricevute dalla III Sezione.

Nella versione aggiornata del progetto sono state introdotte le principali modifiche di seguito descritte:

- in riferimento all'organizzazione della piattaforma stradale, tenuto conto di quanto rilevato dalla Commissione Relatrice del CSLPP, il progetto del Tunnel Subportuale è stato modificato, eliminando la corsia dinamica per tornare ad una configurazione stradale perfettamente aderente alla normativa per le strade di "tipo D", con 2 corsie + emergenza di dimensioni 0,50 + 3,25 + 3,50 + 3,00 ml. La piattaforma stradale pavimentata, fatti salvi gli allargamenti per visibilità in curva, è dunque di 10,25 m per ciascuna carreggiata.
- tutti gli elementi architettonici e paesaggistici sono stati riprogettati, come anticipato con nota ASPI Prot. 21129 del 22.11.22, coerentemente con il Masterplan sviluppato dall'Arch. Piano per la città di Genova, introducendo una revisione dell'imbocco Ovest nell'area di San Benigno. Detto Masterplan, infatti, prevede la riqualifica e la valorizzazione delle aree della città interessate dagli imbocchi del Tunnel e, in particolare, nella zona di ponente presso San Benigno, mediante la realizzazione di un parco pubblico (Parco della Lanterna). Quest'ultimo va a modificare il sistema di distribuzione e interscambio viario costituito dal Nodo di San Benigno, che dall'arrivo dell'Autostrada A7 si innesta sulle principali direttrici della città, e ha reso necessaria l'adozione di alcune modifiche progettuali all'area di San Benigno, concordate anche con l'Autorità di Sistema Portuale, che essenzialmente consistono:
 - nella modifica del futuro Varco Etiopia in quota, prevedendone l'utilizzo in sola uscita;
 - nella modifica al Progetto della nuova Viabilità Portuale previsto da Autorità di Sistema Portuale (Opera B), prevedendo la realizzazione di una galleria artificiale al di sotto del Parco, in alternativa al viadotto inizialmente previsto in progetto;
 - nella semplificazione dei collegamenti tra il Nodo di San Benigno e il Tunnel rispetto alla soluzione originariamente prevista nel PFTE trasmesso al Consiglio Superiore dei Lavori

Pubblici con nota prot. n. 17800 del 8.7.2022 della Direzione generale per le strade e le autostrade - DGSA.

- per una migliore lettura del progetto gli elaborati sono stati suddivisi in 4 “Lotti”:
 - Lotto 0 – che raccoglie gli elaborati generali, comuni a tutti i Lotti;
 - Lotto 1 – costituito dal Tunnel Subportuale vero e proprio e dai suoi 3 imbocchi;
 - Lotto 2 – relativo alle opere “portuali” interferite dal parco progettato da RPBW all’imbocco Ovest;
 - Lotto 3 – costituito dai lavori di completamento del Nodo di San Benigno, interferiti dal nuovo Tunnel.

Si precisa che i Lotti 2 e 3 sono varianti ad opere già autorizzate e oggetto di propri iter autorizzativi;

- sono state introdotte in progetto le seguenti modifiche migliorative di carattere impiantistico:
 - gli impianti di ventilazione sono stati integrati con un sistema di filtrazione (all’imbocco Ovest) che consente di trattare il particolato prima della restituzione all’esterno in caso di traffico congestionato;
 - gli impianti antincendio sono stati implementati con l’inserimento di idranti “monitori” robotizzati sulla galleria principale e sulle rampe, con controllo da remoto, in grado di intervenire direttamente sul punto di incendio;
- a seguito delle indicazioni ricevute in fase di Scoping/Conferenza di Servizi Preliminare, ai sensi dell’art. 26 del D.Lgs 152/2006, è stato sviluppato lo Studio di Impatto Ambientale, che recepisce i contributi istruttori ricevuti. Rispetto alla versione di PFTE originaria, l’attuale versione aggiornata include, pertanto, anche lo Studio di Impatto Ambientale.

Riteniamo infine opportuno segnalare che il progetto del Tunnel Subportuale è stato inserito – con decreto del Commissario straordinario n. 5 del 12.08.2022 - nel programma straordinario di investimenti urgenti per la ripresa e lo sviluppo del Porto di Genova, di cui al DL 109/2018, come convertito con Legge 130/2018.

Di seguito viene riportato il testo relativo a ciascun capitolo dei “*considerato*” del Parere del 19.12.2022, dando evidenza dei termini in cui la nuova versione del PFTE, del SIA e dell’Analisi di Rischio hanno recepito i contenuti del documento.

Aspetti trasportistici e analisi costi-benefici	3
Sicurezza in galleria e analisi di rischio	6
Sicurezza antincendio	10
Aspetti viabilistici.....	13
Aspetti urbanistici.....	15
Aspetti impiantistici	17
Aspetti idrologici ed idraulici	19
Aspetti geologici.....	21
Aspetti geotecnici.....	23
Aspetti strutturali	27
Gestione e bilancio delle materie	29
Interferenze.....	31

Espropri	33
Cantierizzazione e cronoprogramma lavori	34
Sicurezza dei lavoratori.....	38
Aspetti tecnico-economici	38

=== O === O ===

Aspetti trasportistici e analisi costi-benefici

Il tracciato del tunnel si sviluppa per circa 3,4 chilometri a doppia canna, una per ogni senso di marcia. La sezione di scorrimento per ognuna delle due canne è concepita a doppia corsia oltre ad una corsia laterale, che dovrebbe essere adibita unicamente al transito dei veicoli di pronto intervento e di soccorso, ma che dal proponente viene funzionalmente concepita anch'essa per il transito veicolare in particolare per conseguire condizioni di deflusso nell'ora di punta con livello di servizio adeguato (C/D).

Tutta l'analisi funzionale e di valutazione dei costi e dei benefici trasportistici è stata conseguentemente condotta in riferimento ad una sezione di deflusso per la quale occorre evidenziarne preliminarmente la reale fattibilità a termini di normativa, considerato che la corsia di emergenza in galleria dovrebbe essere sempre lasciata libera, tanto più in una condizione particolare di un tunnel sommerso.

Tale valutazione di fattibilità deve essere effettuata nella fase di progetto preliminare e di analisi di redditività, dato che la scelta funzionale della soluzione progettuale da adottare attiene a tale fase di progetto, non rinviabile quindi al progetto definitivo ed esecutivo.

Per ciò che concerne lo studio della distribuzione della mobilità alla rete, e conseguentemente con sezione stradale del tunnel univocamente definita, è opportuno disporre di qualche informazione aggiuntiva sulle fasi di modellazione adottate, in particolare per ciò che concerne l'assegnazione del traffico di previsione alla rete.

L'analisi B/C dovrà dunque essere rivista alla luce della sezione stradale definitiva per il deflusso veicolare.

Per ciò che concerne l'analisi MC (multicriteria) si rilevano diverse problematiche riconducibili a: inaccettabilità del rinvio a valutazioni complete dei risultati della MC alle fasi di progetto successive all'analisi B/C.

Tale necessità viene giustificata per la difficoltà dichiarata di non poter disporre da subito dei parametri appropriati di calcolo degli effetti per le funzioni obiettivo relative a due delle quattro dimensioni di riferimento di cui al SIMS del MIMS (dimensione ambientale e sociale); le analisi M/C sono concepite, come indicato dal Ministero delle Infrastrutture, per disporre di un quadro "completo" dei rendimenti delle differenti alternative sulle quattro dimensioni in gioco. Tale valutazione attiene strettamente la fase di scelta della soluzione progettuale. Le valutazioni fornite dai "decision leaders" circa i rendimenti delle diverse alternative nei confronti delle funzioni obiettivo in gioco, valutazioni spesso effettuate in forma qualitativa ed anche sfumata, possono essere trasformate agevolmente in valori numerici attraverso il ricorso all'algebra "fuzzy". Pertanto, una matrice di punteggi nei confronti delle quattro dimensioni (o aree di meta) può essere disponibile in tempi ragionevoli a patto di selezionare adeguatamente i valutatori (decision leaders) che non possono confondersi con i progettisti. In questo modo si disporrebbe di una valutazione completa nella fase del progetto preliminare e di scelta; i punteggi da assegnare alle aree di meta (o dimensioni di valutazione) sono solo indicativi quando assunti di peso uguale o comunque prefissato, come suggerito dal SIMS. Dalla indicazione del Ministero di assumere peso uguale per le diverse aree di meta (dimensioni) emerge la necessità dell'Organo Centrale di utilizzare tali risultati anche in fase di Programmazione

della distribuzione dei finanziamenti fra opere di differente natura e che insistono in territori e contesti socio-economici differenti. Tale esigenza non deve fuorviare rispetto alla correttezza di assumere pesi differenti per le diverse aree di meta dato che questo è l'aspetto più significativo dell'impiego delle analisi MC in riferimento alla specifica fase di scelta di una alternativa di progetto rispetto ad un'altra. Infatti, la diversa pesatura delle aree di meta dipende strettamente da fattori specifici che riguardano sia la tipologia di opera ma soprattutto il contesto territoriale e socio-economico di riferimento. Nella ricerca della robustezza/stabilità dei risultati si utilizza abitualmente una gamma di schemi di pesatura; fra questi uno è sempre quello di assumere peso uguale per tutte le aree di meta.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

A valle delle interlocuzioni avute con la Commissione Relatrice del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, tenuto conto di quanto rilevato dalla stessa commissione in riferimento all'organizzazione della piattaforma stradale, il progetto del Tunnel Subportuale è stato modificato eliminando la corsia dinamica. In progetto è stata dunque adottata una configurazione a 2 corsie di marcia più corsia emergenza. Lo Studio di traffico e l'Analisi Costi Benefici sono stati quindi aggiornati sulla base di questa nuova configurazione progettuale. Si evidenzia altresì che lo Studio di Traffico, nel suo aggiornamento, ha nuovamente verificato anche la funzionalità dell'intervento sia per il suo asse che per le sue interconnessioni con la viabilità esistente. Si evidenzia che le anticipazioni riportate nella nota ASPI prot. 17844/EU del 03/10/2022 riguardo alla coerenza tra la capacità dell'infrastruttura ed i flussi di traffico che la interessano, sono state confermate dalle verifiche analitiche.

Quanto all'Analisi multi-criteria, con il Decreto del 13 settembre 2022 del Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili (MIMS), sono state adottate le "Linee guida operative per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche - settore stradale", definite in collaborazione con la Banca Europea degli Investimenti (BEI). Inoltre, nel mese di ottobre 2022, viene proposto dal MIMS un "Modello di scoring per le infrastrutture e la mobilità sostenibili (SISM)" nell'ambito delle "Linee guida operative per la definizione di un approccio multidimensionale per la valutazione delle opere pubbliche di competenza del MIMS". Tale modello non rappresenta una singolarità, ma prende spunto da altre metodologie di valutazione multidimensionali quali quelle adottate dalla Banca Mondiale, la Banca Inter-Americana di Sviluppo, Cassa Depositi e Prestiti, etc. In relazione al Decreto suddetto è stato aggiornato l'elaborato progettuale "**Valutazione delle opzioni di intervento secondo criteri di sostenibilità economica, ambientale, sociale ed istituzionale**".

Il modello SISM consente l'attribuzione di un punteggio alle opere ottenuto come media pesata rispetto ai seguenti quattro domini chiave, a loro volta suddivisi in ulteriori sottodomini con rilevanza differente.

- Economico-Finanziaria
- Ambientale
- Sociale
- Istituzionale-Governance

Sono stati auditi i cosiddetti key-stakeholders (*decision leaders*) al fine di ottenere dei punteggi su alcuni sotto-domini della griglia di valutazione proposta dal MIMS: in particolare sono stati intervistati esperti dei settori dell'urbanistica, della mobilità, degli ordini professionali, nonché delle associazioni di cittadini.

Nell'analisi MC ad ogni sotto-dominio è quindi stato attribuito un punteggio attraverso una scala discreta su quattro livelli [1 min; 4 max], continua e crescente linearmente, desunto dalla griglia di valutazione proposta dal MIMS. La scelta di avere quattro livelli di valutazione condiziona i possibili risultati dell'analisi, non ammettendo la possibilità di valutazioni "neutre" (esempio voto tre su cinque). Al tempo stesso, la componente lineare della scala tende a pesare le categorie valutative in maniera omogenea. Infine, la limitazione su quattro livelli di valutazione rende il processo più snello e facilmente implementabile, soprattutto in un contesto di potenziale alta numerosità delle casistiche da analizzare.

Ciò premesso l'analisi MC è stata completata tenendo conto dei seguenti elementi:

- 1) aggiornamento dei risultati dello studio di traffico e della relativa ACB in relazione all'eliminazione della terza corsia dinamica nel tunnel;
- 2) aggiornamento e completamento dell'analisi ambientale
- 3) approfondimento dell'analisi sociale anche grazie all'attività di stakeholders' engagement.

Per quanto riguarda la dimensione "Sociale" infatti, le interviste sono state condotte in riferimento agli impatti in fase di realizzazione ed esercizio e gli stakeholders che hanno partecipato alle interviste hanno assegnato un voto sulla base di una scala di valutazione tipo Likert [1 min; 4 max].

Di seguito i sotto-domini di analisi oggetto di approfondimento durante le interviste.

- C3b.1- "Altri impatti sulle condizioni di vita dei cittadini nella realizzazione dell'opera":
 - A. Polvere, rumore e vibrazioni durante le fasi di cantiere;
 - B. Occupazione degli spazi pubblici per le attività di cantiere;
 - C. Degrado urbano (inclusa pubblica sicurezza).
- C3b.2- "Altri impatti sociali sulle condizioni di vita (sicurezza, qualità urbana...) nella fase di esercizio":
 - A. Qualità urbana e fruibilità degli spazi pubblici sul lungomare (per i residenti);
 - B. Attrattività turistica delle aree del porto;
 - C. Effetto catalitico rispetto ad ulteriori iniziative di riqualificazione e sviluppo del porto;
 - D. Valorizzazione del patrimonio storico e culturale (siti UNESCO, beni culturali e architettonici posti nelle adiacenze delle aree di intervento);
 - E. Valorizzazione del patrimonio immobiliare (residenziale e servizi).

Lo score finale di progetto è dato da una media ponderata degli score delle quattro dimensioni che, a loro volta, sono determinati dalle valutazioni dei singoli sotto-domini. I pesi sono stati assunti in analogia a quanto suggerito dal MIMS nella griglia di valutazione SIMS.

In tal modo i punteggi ottenibili dalle iniziative variano da un minimo di 1 ad un massimo di 4.

Dai risultati dell'analisi MC si evince che lo scenario di progetto del tunnel assume un punteggio pari a 3,39, favorendo tale opzione rispetto all'alternativa costituita dalla manutenzione rigenerativa della sopraelevata che assume un punteggio pari a 1,51. Inoltre, osservando i risultati della metodologia SIMS applicata alle due opzioni si evince che per ogni dimensione e sottodimensione il punteggio assunto dall'opzione A è sempre maggiore del rispettivo punteggio per l'opzione B. Pertanto, anche applicando pesi differenti rispetto a quelli suggeriti dal MIMS, l'opzione A rimarrebbe predominante.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- STUDIO DI TRAFFICO – codice elab. = T0887 LL01 FT DG GEN 00000 00000 R ATR 0002-01
- ANALISI COSTI/BENEFICI– codice elab. = T0887 LL01 FT DG GEN 00000 00000 R ATR 0001-00
- ANALISI MULTICRITERIA - Valutazione delle opzioni di intervento secondo criteri di sostenibilità economica, ambientale, sociale ed istituzionale – codice elab. = T0887 LL01 FT DG GEN 00000 00000 R ATR 0003-00

=== O === O ===

Sicurezza in galleria e analisi di rischio

Il tracciato del tunnel si sviluppa in lunghezza per circa 3.4 km, dal nodo di San Benigno (a ponente) fino a V.le Brigate Partigiane (a levante) passando sotto il bacino portuale di Genova. L'infrastruttura è assunta dall'Ente proponente come strada urbana di scorrimento tipo D a n. 2 carreggiate separate. Il tunnel, in parte sottomarino per una parte significativa della lunghezza complessiva, è previsto in due canne principali, ciascuna percorsa da traffico veicolare unidirezionale. Le due canne in progetto saranno collegate tra loro a mezzo di by-pass per configurare vie di esodo da una canna incendiata a quella considerata come luogo sicuro.

Il profilo altimetrico si presenta a forte pendenza, in particolare partendo dall'imbocco Est (lato V.le Brigate Partigiane) scende con una pendenza massima del 5% fino a raggiungere una profondità di -30 m s.l.m., poi mantiene un andamento sub-orizzontale fino allo svincolo Madre di Dio, quindi scende nuovamente nel tratto sottomarino con una pendenza del 3% fino a raggiungere una quota di -45 m s.l.m., infine risale con pendenza massima del 5% riconnettendosi al nodo di San Benigno. Circa alla metà del tracciato del tunnel sfoccano due rampe monodirezionali, finalizzate a sostituire l'attuale svincolo che collega la sopraelevata col centro della città, di cui la prima rampa in direzione centro città intercetta il traffico proveniente da San Benigno (canna Sud) e diretto verso Piazza Dante e la seconda rampa in direzione tunnel indirizza il traffico proveniente dal centro città verso San Benigno allacciandosi quindi alla canna Nord.

In merito agli aspetti della sicurezza della galleria e in particolare all'analisi di rischio, l'Ente proponente ha allegato un elaborato denominato Studio Preliminare Analisi di Rischio. In tale elaborato è dichiarato quanto segue: "L'analisi di rischio è stata condotta sulla base delle indicazioni contenute: nella Direttiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 Aprile 2004 relativa ai requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della Rete Stradale Transeuropea; nel Decreto Legislativo n. 264 del 5 Ottobre 2006, attuazione della Direttiva 2004/54/CE; nelle linee guida sviluppate da ANAS S.p.A nel 2006 (e successivo aggiornamento al 2009)".

In seguito alla presentazione del progetto da parte dell'Ente proponente, la Commissione relatrice ha inteso chiedere delle integrazioni e chiarimenti. In particolare, con riferimento agli aspetti della sicurezza del tunnel, non ritenendo sufficiente lo studio preliminare di analisi di rischio ha richiesto: 1. un'approfondita documentazione nella quale si dimostrasse di avere piena consapevolezza delle problematiche di sicurezza del sistema galleria nel suo insieme e si dimostrasse, con un'analisi quantitativa del rischio che consideri gli scenari più rappresentativi e quelli potenzialmente più pericolosi (inclusi la presenza di coda, incendio in tratti in salita e discesa) la salvabilità degli utenti in caso di incendio; 2. un'appropriata documentazione di sicurezza, nell'ambito della quale si dimostrasse la resistenza al fuoco della struttura della galleria per un tempo sufficiente a consentire l'autosoccorso, l'evacuazione degli utenti nonché l'intervento dei vigili del fuoco; 3. di dichiarare se la galleria in progetto rientrasse nel campo di applicazione del D. Lgs 264/2006, in tal caso per essa valgono i requisiti minimi previsti per le gallerie nuove.

La risposta dell'Ente proponente, nel dichiarare che la strada in progetto non fa parte della rete TERN e quindi la galleria non rientra nel campo di applicazione del D.Lgs 264/, rappresenta che la normativa citata sarà utilizzata come riferimento per tutti gli aspetti della sicurezza in galleria. Tuttavia, dichiara: "la documentazione di sicurezza verrà quindi approfondita ed integrata nelle successive fasi progettuali secondo quanto correttamente emerso durante la fase di valutazione da parte della commissione del CSLLP".

Alla luce di quanto sopra riportato, visto che la galleria di cui trattasi rappresenta un sistema complesso con particolari caratteristiche - essendo sommersa, a forte pendenza, con cameroni di diramazione a metà lunghezza della galleria per lo sfocco delle rampe monodirezionali, e interessata da un intenso traffico veicolare – si ritiene non accettabile di rinviare alle fasi successive della progettazione gli approfondimenti e le integrazioni richieste sulle problematiche di sicurezza del tunnel sottomarino, ribadendo che essi devono essere trattati e sviluppati nella presente fase del PFTE.

Pertanto, si ritiene necessario che siano predisposti, nella presente fase della progettazione, gli elaborati di seguito riportati.

- Redazione di una più approfondita documentazione progettuale di sicurezza nell'ambito della quale sia descritta in maniera chiara, completa ed esaustiva come sono affrontate e risolte le tematiche di sicurezza dovute ad un eventuale incendio da cui poi discendono anche gli interventi della gestione, evidenziandone la normativa di riferimento e dimostrando il rispetto della stessa sotto tutti gli aspetti.

- Studi/analisi fluidodinamiche monodimensionali sull'intera lunghezza della galleria. A valle della quale individuare uno o più specifici domini sui quali applicare nelle sezioni iniziali e finali le condizioni ambientali derivanti ed effettuare le relative analisi fluidodinamiche in 3D, previo un'analisi di ottimizzazione della "mesh". In particolare, dovranno essere considerati differenti scenari di incendio: nei tratti in salita e discesa, al centro della galleria, in corrispondenza degli sfocchi delle rampe monodirezionali, agli imbocchi per verificare se ci possa essere il ricircolo dei fumi nella canna non incendiata, considerando sia veicoli leggeri sia pesanti, nonché quelli che trasportano merci pericolose se n'è previsto il transito, e in presenza di code dei veicoli.

- Rappresentazione delle curve di CO, CO2, distanza di visibilità, e di temperature lungo le vie di fuga dimostrando la verifica dei corrispondenti limiti di accettabilità per la salvabilità degli utenti durante il percorso di esodo.

- Rappresentazione delle assunzioni fatte per simulare la ventilazione nell'analisi di rischio. Si evidenzia come i tempi di evacuazione sono strettamente correlati alla definizione del piano di emergenza; se per i primi vi sono dubbi da un punto di vista metodologico allora anche l'attendibilità del piano di emergenza risulterà indebolita.

- Redazione di una documentazione inerente all'installazione, se le condizioni orografiche lo consentono, di varchi amovibili agli imbocchi della galleria per il cambio di carreggiata in caso di blocco di una delle due canne.

- Analisi di sicurezza relative alle verifiche di resistenza al fuoco delle strutture coerentemente con quelle sviluppate nelle analisi di rischio, cioè per le stesse potenze di incendio, unitamente alla dichiarazione che esse sono state fatte su sezioni aventi caratteristiche fisico, meccaniche, termiche, nonché spessori e tipologia e classe del calcestruzzo, analoghe a quelle del rivestimento in conglomerato cementizio previsto in opera per la galleria in progetto.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

L'Analisi di Rischio è stata redatta con riferimento alla metodologia contenuta nel D.Lgs 264/06 all'Allegato 3 ed è stata implementata tenendo conto della configurazione stradale del Tunnel a 2

corsie di marcia più corsia di emergenza comprensiva delle rampe in ingresso ed in uscita; essa è stata sviluppata con grado di approfondimento e dettaglio commisurati al quadro informativo proprio dell'attuale livello di progettazione.

E' stata prodotta una documentazione di sicurezza completa che si compone di:

- progetto della sicurezza
- analisi fluidodinamiche e di esodo
- analisi di rischio quantitativa che tiene conto di tutte le specificità della galleria ed in particolare della presenza di rampe di svincolo e di cameroni di interconnessione finalizzata a caratterizzare il livello di sicurezza dell'intero sistema galleria come determinato dalle prestazioni dei sistemi di sicurezza previsti a progetto.

In particolare sono stati analizzati i criteri prestazionali e dimensionanti del sistema di ventilazione di tipo misto longitudinale con estrazione fumi distribuita, atto a consentire la gestione del traffico scorrevole e, quando presente, del traffico congestionato. Sono stati analizzati gli scenari di emergenza che contribuiscono maggiormente al livello di rischio e valutate le prestazioni dei sistemi che ne consentono la riduzione evidenziando su schemi grafici le modalità di gestione dei fumi e del processo di esodo dalla galleria.

La normativa di riferimento adottata è il D.Lgs 264/06 pur non essendo la galleria inserita nella rete Transeuropea (TERN) e la metodologia di progettazione ed analisi è quella definita dagli allegati 1,2,3,4 della norma stessa.

E' stata effettuata un'analisi di rischio preliminare con metodo combinato Monte Carlo ed albero degli eventi conforme all'allegato 3 del D.Lgs 264/06 per definire gli scenari di maggiore rischio da approfondire con simulazioni fluidodinamiche. La stessa analisi di rischio è stata nuovamente effettuata come definitiva a valle dei calcoli fluidodinamici che hanno confermato l'efficacia dei sistemi di gestione dei fumi portando al calcolo delle curve cumulate complementari e del Valore Atteso del Danno. Il metodo Monte Carlo ha consentito di considerare le incertezze relative ai parametri che determinano il danno quali la popolazione esposta, i tempi di attivazione dell'esodo e di chiusura della galleria, la posizione dell'evento lungo la galleria. L'albero degli eventi ha consentito la simulazione di eventi di potenza variabile (4 MW, 8MW, 15 MW, 30 MW, 50 MW, 100 MW) nonché di considerare l'affidabilità e l'efficacia dei sistemi di sicurezza quali Rilevazione eventi, Comunicazione, Ventilazione, Illuminazione.

Per quanto attiene le merci pericolose è stato utilizzato il modello DG-QRAM del PIARC nella versione 3.6 con il quale sono state calcolate le curve cumulate complementari ed il valore atteso del danno relativamente ai solo veicoli ADR.

La curva finale, ottenuta combinando il traffico ordinario ed il traffico ADR, è stata confrontata con i limiti di accettabilità del rischio del D.Lgs 264/06 rilevando come la curva stessa si trovi nella parte bassa della zona ALARP anche in virtù della ridotta percentuale di mezzi pesanti. Il livello di rischio ottenuto, considerate le caratteristiche del traffico, è compatibile con i sistemi di sicurezza minimi ed integrativi previsti ed in particolare con le prestazioni dei sistemi di ventilazione ed estrazione fumi.

Sono state effettuate simulazioni monodimensionali della galleria attraverso le quali sono stati definiti gli scenari di incendio da approfondire con simulazioni tridimensionali. Le simulazioni monodimensionali per i casi più semplici sono state utilizzate per verificare le prestazioni del sistema di ventilazione e la sua efficacia in termini di riduzione del rischio.

In particolare sono stati considerati eventi caratterizzati da una potenza termica compatibile con la presenza di mezzi pesanti accidentalmente entrati in galleria in quanto il progetto prevede il divieto

di transito dei mezzi pesanti (sono consentiti solo veicoli di massa inferiore a 3,5t) e di veicoli adibiti al trasporto delle merci pericolose. Le simulazioni monodimensionali sono state altresì utilizzate per la definizione delle condizioni al contorno delle simulazioni 3D la cui mesh è stata addensata nelle zone prossime all'incendio e resa meno fitta nelle zone più lontane e non interessate dall'evento. Nel caso specifico è stata simulata per intero una singola canna della galleria compresa la presenza dell'interconnessione.

Sono stati simulati dodici scenari di incendio tridimensionali con relativa modellazione dell'esodo degli utenti. Per ciascuno scenario sono stati riportati i valori di CO, CO₂, distanza di visibilità, e di temperatura sotto forma di curve isovalore lungo i percorsi di esodo a diversi istanti temporali al fine di evidenziare l'andamento spazio-temporale del flusso del pericolo. Per ciascuno scenario sono stati calcolati i tempi di esodo ed il valore della massima FED (Dose frazionaria efficace) per verificare la salvabilità degli utenti, derivata dagli andamenti spazio-temporali dei gas tossici.

La ventilazione nell'analisi di rischio è stata considerata in termini di efficacia relativamente alle prestazioni verificate mediante modellazione 1D e 3D dalla quale è stato confermato il valore di probabilità attribuito al relativo albero degli eventi adottato nell'analisi di rischio quantitativa. Mediante modelli 1D sono stati verificati gli scenari dimensionanti dell'impianto di ventilazione per le posizioni di incendio più critiche ed in particolare il dimensionamento di progetto previsto a 30 MW nonché sono stati approfonditi scenari a 50 MW e 100 MW. Sono stati analizzati gli scenari con traffico congestionato ed in prossimità dei cameroni di svincolo al fine di verificare l'efficacia del sistema di estrazione fumi sia per la potenza di dimensionamento dell'impianto a 30 MW sia per scenari di potenza pari a 50 MW.

Gli esiti delle analisi hanno evidenziato come l'impianto di ventilazione garantisca un'efficacia compatibile con la buona pratica per scenari dimensionanti (30MW) e che sia in grado di gestire scenari anche per potenze dell'ordine di 50MW. Le analisi hanno inoltre evidenziato come eventi di potenza superiore a 50 MW non possano essere gestiti correttamente suffragando l'installazione di un sistema di mitigazione in grado di mantenere la potenza dell'incendio nell'intorno dei 30 MW.

Per quanto riguarda le verifiche sul ricircolo dei fumi agli imbocchi nella canna non incendiata si precisa che le strategie di ventilazione adottate nel presente progetto prevedono il funzionamento in contropinta dell'impianto di ventilazione installato nella canna non incendiata.

L'analisi dei tempi di evacuazione ha tenuto conto dei tempi di arrivo dei mezzi di soccorso: il tempo massimo necessario per il raggiungimento dei soccorsi, è stato stimato pari a 5 minuti considerando l'intervento dei Vigili del Fuoco (VVF) sia dal comando provinciale in Via Ariberto Albertazzi, sia dalla caserma di Calata Gadda. Si è stimato a titolo cautelativo, un tempo di "chiusura galleria" pari a 15 minuti. Il tempo di chiusura della galleria è il tempo necessario affinché in galleria non entrino altri veicoli.

Si conferma che il cambio di carreggiata per i mezzi di soccorso, è possibile ad entrambi gli imbocchi, mediante uno spartitraffico amovibile all'imbocco Ovest e la viabilità di svincolo all'imbocco Est.

Per quanto concerne la verifica di resistenza al fuoco delle strutture, è stata effettuata per l'anello interno in calcestruzzo nella sezione più gravosa posizionata nel punto di minimo del tracciato; in conformità a quanto previsto dal codice di prevenzione incendi D.M. 3 Agosto 2015, è stata adottata in primo luogo una curva nominale di incendio al fine di determinare la classe di resistenza al fuoco dell'anello. Nella fattispecie, è stata adottata la curva nominale degli idrocarburi modificata (i.e. "HCM Modified), introdotta nelle linee guida francesi redatte dal CETU. Tale curva è difatti più gravosa della curva di incendio standard ISO834, ed è applicabile laddove potrebbero verificarsi piccoli incendi di petrolio, derivante ad esempio dai serbatoi di carburante.

La verifica di resistenza al fuoco delle strutture portanti in galleria è stata effettuata per l'anello interno in calcestruzzo del tunnel principale, nella sezione più gravosa posizionata nel punto di minimo del tracciato, utilizzando la curva HCM Modified, introdotta nelle linee guida francesi redatte dal CETU. Scopo della verifica è garantire che le strutture del Tunnel siano in grado di mantenere la propria funzione e operatività nonostante la presenza di un incendio, specialmente nella sua tratta sub portuale e l'anello interno ha proprio lo scopo di incrementare la durabilità del sistema, la tenuta idraulica e di proteggere i conci prefabbricati in caso di incendio. Per il calcolo si è fatto riferimento alla curva degli idrocarburi modificata, eseguendo una serie di passaggi:

1. calcolo termico per ottenere i campi di temperatura da applicare all'elemento strutturale,
2. calcolo delle proprietà meccaniche in funzione della temperatura,
3. modellazione su software SAP2000 per la valutazione delle sollecitazioni a caldo,
4. verifica della sezione con il programma IS Fuoco secondo l'Eurocodice 2.

Come indicato nelle Normative di riferimento, i coefficienti di sicurezza relativi alle caratteristiche meccaniche dei materiali assumono valore unitario nelle condizioni di incendio e la verifica si intende quindi soddisfatta.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- ANALISI DI RISCHIO (allegata al PFTE)
- ANELLO INTERNO GETTATO IN OPERA - RELAZIONE DI CALCOLO – codice elab. = T0887 LL01 FT A1 G01 GN001 00000 R TUN 0169-01

=== O === O ===

Sicurezza antincendio

Si ribadisce che, poiché l'attività di che trattasi è soggetta alla prevenzione incendi in quanto elencata alla voce 80 del D.P.R. 151/2011 (Gallerie stradali di lunghezza superiore a 500 m e ferroviarie superiori a 2000 m), quantunque in categoria "A", occorre che sia elaborato nella presente fase progettuale uno studio di fattibilità che tenga conto delle esigenze imprescindibili per l'acquisizione del nulla osta autorizzativo (SCIA) quali:

Accessibilità dei mezzi di soccorso in qualsiasi sezione interessata da una emergenza per la tutela della vita umana e dei beni.

- *Resistenza al fuoco delle strutture portanti e separanti*
- *Reazione al fuoco dei materiali*
- *Compartimentazione e separazione (filtri, lame d'acqua, lame d'aria, ecc.)*
- *Sistemi di vie di esodo*
- *Impianti di sicurezza (illuminazione, allarme, rivelazione, impianti di mitigazione (contenimento gaussiano delle fiamme/impianto di spegnimento automatico) e di estinzione incendi (caratteristiche prestazionali e di alimentazione), elevatori antincendio (ove possibili), impianto di diffusione sonora*
- *Aree ed impianti a rischio specifico (depositi, gruppi elettrogeni, UPS, ecc)*
- *Impianti di condizionamento e/o di ventilazione ai soli fini antincendio (serrande tagliafuoco, rivelazione, centralizzazione, dispositivi di controllo e di gestione, ecc.)*
- *Segnaletica di sicurezza*
- *Organizzazione e gestione della Sicurezza Antincendio, e Centro di gestione della Sicurezza antincendio, Aria di Triage in corrispondenza dei forni e piazzola elicotteri*

(indipendentemente dalle STI, in quanto di norma richieste dalla Prefettura, Comando Vigili del Fuoco e Protezione Civile in occasione della Commissione Provinciale per la Sicurezza e Ordine Pubblico, Safety e security)

- *Squadra aziendale e Sistemi di controllo in prossimità degli accessi al tunnel, monitoraggi termici sui veicoli, trasporto di sostanze pericolose (livelli di pericolo da 1 a 10, distanziamento dei veicoli e scorta per veicoli classificati pericolosi 1 (esplosivi), 2 (gas compressi e liquefatti), 3 (infiammabili) 4-5 (ossidanti) 6 (tossici) 7 (radioattivi), 8 (corrosivi), 9 (mutageni), 10 (ambiente). Potrebbe risultare utile anche la modellazione di eventi possibili o di situazioni di "Top event" con l'utilizzo della "Fire Safety Engineering".*

Tenuto conto della particolare delicatezza e complessità dell'opera in progetto, si consiglia, quantunque non obbligatorio trattandosi di attività in categoria "A" del DPR 151/2011, di affrontare la tematica della prevenzione incendi del tunnel in fase progettuale con la Direzione Regionale dei Vigili del Fuoco della Liguria e con il Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Genova

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

Come riportato nell'osservazione, l'attività è soggetta a SCIA, essendo tra quelle in categoria A ai sensi del D.P.R. 151/2011. Per questo tipo di attività - come peraltro confermato dalla nota del Comando Provinciale di VV.F. prot. 0019456 del 19.07.2022, acquisita durante la fase di "Scoping" a cui è stato sottoposto il PFTE - non è richiesta espressione di un parere preventivo da parte del competente comando VV.F. bensì la sola Segnalazione Certificata di Inizio Attività da prevedersi all'atto della messa in esercizio dell'infrastruttura (quindi senza obbligo di esame del progetto).

E' stato comunque inserito nel PFTE un documento propedeutico alle interlocuzioni con i comandi VV.F. e relativo all'assolvimento dei principi e requisiti di prevenzione incendi, i cui contenuti (elencati nel seguito) costituiranno la base di un tavolo tecnico con il Comando Provinciale/Regionale dei VV.F. Nel documento sono raccolte e descritte tutte le misure di prevenzioni incendi previste dallo stato progettuale in ottemperanza ai dettami della normativa di riferimento applicabile, mentre di seguito si anticipano i primi riscontri agli aspetti evidenziati nell'osservazioni:

- l'accessibilità dei mezzi di soccorso è garantita dalla presenza della corsia di emergenza lungo tutto il tracciato, da entrambe le aree di imbocco, così come l'inversione dei mezzi operativi ai portali di estremità ed in galleria (tramite i by-pass carrabili). I tempi di arrivo del personale VV.F. sono ridotti ai minimi considerato l'estrema vicinanza del comando operativo provinciale VV.F., all'area di imbocco di ponente, posto a circa 400 m in linea d'aria dall'ingresso del tunnel e direttamente collegato tramite la viabilità ordinaria di Via Milano.
- la verifica di resistenza al fuoco delle strutture portanti in galleria è stata effettuata per l'anello interno in calcestruzzo del tunnel principale, nella sezione più gravosa posizionata nel punto di minimo del tracciato, utilizzando la curva HCM Modified. Come indicato nelle Normative di riferimento, i coefficienti di sicurezza relativi alle caratteristiche meccaniche dei materiali assumono valore unitario nelle condizioni di incendio e la verifica si intende quindi soddisfatta.
- tutti i materiali da costruzione ed i rivestimenti (se impiegati) saranno del tipo con classe di reazione al fuoco 0 ai sensi del DM 26/06/1984 e classe A ai sensi della norma EN 13501. Per tutti gli allestimenti e gli impianti si applica la normativa specifica di settore.
- per tutti i luoghi sicuri temporanei e sistemi di via di fuga sono garantiti gli idonei livelli di compartimentazione richiesti per i vani filtro a prova di fumo ed i collegamenti carrabili tra i fornicci; il livello di compartimentazione adeguato è assicurato anche per i locali a rischio

specifico dei fabbricati tecnologici quali ad esempio il locale gruppo elettrogeno e quello UPS/batterie.

- sono garantiti distanze, distribuzione ed allestimenti delle vie di esodo secondo la normativa applicabile (ad es. comunicazione SOS, presidio antincendio – estintori, videosorveglianza, illuminazione di sicurezza per l'esodo, impianto di ventilazione e pressurizzazione dei luoghi sicuri e vie di fuga, ...).
- tutti gli impianti di sicurezza di galleria sono previsti in ottemperanza ai dettami normativi di riferimento (in primis CEI 64-20) ed agli standard di riferimento e di buona tecnica progettuale (tra cui linee guida ANAS). Non sono previsti elevatori antincendio (non applicabili) e impianti di diffusione sonora, sebbene questi ultimi siano implementabili nelle vie di fuga come elemento aggiuntivo rispetto alle stazioni di emergenza.
- le aree e gli impianti a rischio specifico sono stati trattati come tali in ottemperanza alla normativa vigente. In particolare, per i Gruppi elettrogeni e relativi depositi di combustibili (ad asservimento degli stessi) sono rispettati i disposti del D.M. 13/07/2011, mentre per i locali UPS (e batterie) sono rispettati i requisiti per i locali MARCI previsti dalla normativa CEI di settore, come già implementato su altre gallerie della rete autostradale (es. S. Lucia).
- gli impianti di ventilazione sono previsti in galleria, come ampiamente descritto negli elaborati progettuali (relazione specialistica e relativi elaborati grafici), in conformità a tutti gli standard normativi applicabili. In particolare, è prevista l'installazione di sistemi con adeguata resistenza al fuoco/alte temperature. Il funzionamento dei sistemi e le procedure di controllo e gestione degli stessi sono esplicitati ad un livello coerente con la fase progettuale
- la segnaletica di sicurezza di galleria è stata prevista in ottemperanza ai requisiti generali di prevenzione incendi ed alla normativa specifica di settore così come richiesto dal D.Lgs. 264/2006.
- l'organizzazione e la gestione della Sicurezza antincendio (GSA) viene concepita dal gestore nelle fasi terminali della progettazione e della realizzazione dell'opera, di concerto con gli enti e la struttura di esercizio del concessionario. Le procedure di gestione devono essere intese come derivanti dagli esiti del Piano di Gestione delle Emergenze redatto dal gestore all'atto della messa in esercizio della galleria. Ciò premesso sono sicuramente garantiti il controllo della galleria da postazione di supervisione centrale essendo la stessa prevista per controllo da Sala Radio Operativa ASPI della Direzione Tronco 1 di Genova. Si precisa ancora che – come usualmente avviene nelle gallerie a doppia canna – l'esodo dell'Utenza sarà gestito dal Personale di Esercizio ed in corrispondenza delle aree di imbocco saranno previste le aree di raccolta esterne per il ritrovo e l'assistenza all'utenza in esodo dalla galleria.
- l'esigenza di predisporre squadre aziendali di soccorso è subordinata alla corretta e completa definizione dei piani di gestione dell'emergenza (come premesso al punto precedente) e all'organizzazione interna del Gestore. Non è previsto il transito di mezzi pesanti (al pari della strada sopraelevata A. Moro, anche se l'Analisi di rischio ne ha considerato la possibilità, con verifica positiva) né di trasporti ADR. Se ritenuto di interesse ai fini del miglioramento della sicurezza, è possibile prevedere l'integrazione degli attuali sistemi di sorveglianza con strumenti per il controllo dei transiti delle merci pericolose.
- nell'ambito dell'Analisi di rischio sono già state condotte una serie di analisi CFD volte ad approfondire il comportamento dell'esodo in particolari scenari di incendio. Nonostante le caratteristiche del tunnel, grazie alle implementazioni di sicurezza effettuate, gli esiti dell'Analisi di Rischio non hanno evidenziato criticità tali da richiedere un'indagine supplementare tramite modellazione di eventi di incendio con utilizzo della FSE.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- REQUISITI GENERALI DI PREVENZIONE INCENDI – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-IMA-IG001-00000-R-OPT-0200-00
- ANELLO INTERNO GETTATO IN OPERA - RELAZIONE DI CALCOLO – codice elab. = T0887-LL01 FT A1 G01 GN001 00000 R TUN 0169-01
- RELAZIONE SPECIALISTICA RELATIVA ALLE VIE DI ESODO – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-IRV-IG001-00000-R-OPT-0069-00
- RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIA – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-IMV-GE000-00000-R-OPT-0050-01
- TAVOLA SCHEMA SINOTTICO IMPIANTI IN GALLERIA – CANNA OVEST – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-IEM-IG001-00000-D-OPT-0016-01
- TAVOLA SCHEMA SINOTTICO IMPIANTI IN GALLERIA – CANNA EST – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-IEM-IG001-00000-D-OPT-0017-01
- RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-IMA-IG001-00000-R-OPT-0085-01

=== O === O ===

Aspetti viabilistici

*Il proponente indica che “La configurazione aggiornata del Tunnel prevede ora una piattaforma organizzata con una semplice 2c+E.”. In realtà il proponente ha aggiornato solo gli elaborati grafici che rappresentano le sezioni tipo dimenticando che tale variazione ha un profondo impatto su molte altre parti del progetto, le quali non sono state aggiornate (p.e elaborato 110750-LL00-FT-DG-STU-TS000-00000-R-ATR-0002-0, elaborato 110750-LL00-FT-DG-GEN-00000-00000-R-ATR-0001-0 “Studio di traffico”, “Analisi Costi-Benefici”, ecc.). Il proponente si limita ad affermare che la strada, nella configurazione aggiornata, opera in condizioni di non congestione (i.e. volumi di traffico inferiori alla capacità) ma non fornisce una valutazione nella risposta né tantomeno aggiorna, come già osservato lo studio di traffico e/o la **relazione stradale**, nella quale, peraltro, l’analisi accurata dei livelli di servizio risultava essere carente anche per la configurazione inizialmente presentata (i.e. con terza corsia dinamica). Si deve inoltre osservare che per il tipo di strada in esame i valori della capacità indicati, senza alcuna valutazione, nella risposta **non sembrano essere rispondenti ai criteri indicati dall’Highway Capacity Manual** (vedi Volume 3 capitolo 16 Urban street facilities), che costituisce il riferimento per tali valutazioni, come indicato dalle norme cogenti (vedi par. 3.4.4 e 3.4.5 del DM 6792 del 05.11.2001). A tale riguardo appare opportuno sottolineare che la norma impone per le strade di nuova costruzione l’esercizio in condizioni non di congestione. È altresì evidente che le condizioni di circolazione che si verranno a realizzare con la “configurazione aggiornata” hanno un notevole impatto su molti altri aspetti estremamente delicati e critici in questa fase progettuale, ad esempio i benefici ed i costi generati e gli impatti indotti, senza voler nascondere che tutte le verifiche di sicurezza sono significativamente influenzate da tale modifica. In aggiunta alle gravi incongruenze tra progetto e dichiarazioni del proponente si deve aggiungere che il progetto stesso, già nella sua configurazione iniziale, presentava numerose difformità alle norme, per quanto concerne gli svincoli, la cui risoluzione veniva rinviata dal progettista alle fasi successive, benché tale rimando sembrerebbe non ammesso dal codice dei contratti. Infatti tali difformità implicavano la necessità di attivare le autorizzazioni in deroga di cui al comma 2 dell’art. 13 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 e successive modifiche ed integrazioni). **Tra le carenze del progetto iniziale si deve anche segnalare l’assenza delle verifiche previste dal cap.5 del D.M. 29/04/2006** (“livello di servizio dell’intersezione non dovrà essere inferiore a quello prescritto dal DM 5.11.2001 per il tipo di strade confluenti nel nodo”) per le intersezioni.*

Per le ragioni sopra esposte il progetto risulta non congruente rispetto all'aggiornamento inviato e quindi non valutabile. Tuttavia, pur volendo ignorare le indicazioni di aggiornamento fornite dal proponente in fase di istruttoria, il progetto iniziale presentava numerose ed importanti difformità rispetto alle norme vigenti, sia per gli aspetti funzionali e di sicurezza stradale che per quelli relativi al rischio di incendio in galleria, le quali avrebbero comunque generato un parere fortemente negativo.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

La funzionalità del Tunnel Subportuale, trattandosi di una strada urbana di scorrimento (tipo D secondo il Codice della Strada), è stata verificata "a capacità" e cioè valutando, come richiesto dal DM 6792 del 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", che la domanda non superasse la capacità dell'offerta: $Q/C < 1$.

Il DM 5.11.2001 non prevede infatti l'esplicitazione di un LOS ma parla di "capacità" e associa a tale definizione il valore "Portata di servizio" di 950 Veq/h/corsia come "massimo flusso di traffico smaltibile dalla strada in corrispondenza al livello di servizio assegnato" e cioè a "capacità". Tale "Portata di Servizio" è da considerarsi tale in presenza di intersezioni regolamentate a monte e a valle della tratta considerata. Se invece la tratta, come il Tunnel, ha una funzionalità con deflusso ininterrotto è possibile associarla ad una Multilane Highway a cui l'Highway Capacity Manual 2016 associa una capacità di circa 1.900 Veq/h/corsia.

Tuttavia, l'esistente Sopraelevata, cui il Tunnel rappresenta sostituzione sotterranea, ha dimostrato dai rilievi di traffico un flusso orario massimo ancora superiore di quasi 2.200 Veq/h/corsia. Per questo motivo si è ritenuto corretto prendere tale valore reale come riferimento, anche in considerazione del fatto che il Tunnel, rispetto alla Sopraelevata, ha una geometria più favorevole: ha le banchine, ha la corsia di emergenza ed ha una minore limitazione della velocità (70 Km/h invece che 60 km/h). A conforto di questa tesi si è considerato che il Tunnel, nella sua continuità con il Lungomare Canepa e la Strada Guido Rossa, rappresenta un asse di scorrimento di circa 7 km a flusso ininterrotto associabile, secondo l' "Highway Capacity Manual" 2016, proprio ad una Multilane Highway.

Considerando quanto appena detto si è potuto concludere che il Tunnel risulta funzionalmente verificato e dimensionalmente corretto.

Infine, per quanto riguarda le verifiche previste dal cap.5 del D.M. 29/04/2006 per le intersezioni, è richiesto che "il livello di servizio dell'intersezione non dovrà essere inferiore a quello prescritto dal DM 5.11.2001 per il tipo di strade confluenti nel nodo", che nel caso del Tunnel e delle sue intersezioni urbane corrisponde alla "capacità". Lo Studio di traffico ha quindi dimostrato che le interconnessioni/intersezioni del Tunnel con la viabilità ordinaria urbana funzionino tutte al di sotto della capacità.

Rispetto a quanto osservato in merito alle "numerose difformità alle norme, per quanto concerne gli svincoli, la cui risoluzione veniva rinviata dal progettista alle fasi successive", si ritiene di dover meglio esplicitare quale sia stato l'inquadramento normativo considerato nello sviluppo del progetto delle opere in questione. In particolare, le rampe richiamate in osservazione sono relative agli svincoli di San Benigno e Madre di Dio, entrambi nodi esistenti su cui va ad inserirsi la nuova viabilità. Conseguentemente il progetto delle rampe in questione è stato sviluppato considerando il D.M. 29/04/2006 come riferimento, non cogente, cui far tendere la progettazione, secondo il disposto dell'art. 2, comma 3 del citato D.M. 29/04/2006 ("Nel caso di interventi di adeguamento di intersezioni

esistenti le norme allegare costituiscono il riferimento cui la progettazione deve tendere”). Di ciò si può trovare conferma anche nelle verifiche riportate all’interno della Relazione tecnica stradale, da cui si può desumere che le difformità sono sostanzialmente dovute alla necessità di inserire le rampe di progetto all’interno dei nodi richiamati sopra, con particolare riferimento alle zone di raccordo con gli assi stradali esistenti (a loro volta deficitari rispetto allo standard di riferimento attuale).

In questo senso, il citato richiamo a possibili approfondimenti sui tracciati intendeva esprimere la possibilità di ripercorrere i deficit allo scopo di ridurli o risolverli in funzione del maggior livello di dettaglio sui vincoli, acquisibile con il passaggio a fasi progettuali più avanzate, e non come la necessità implicita di ricorrere ad eventuali deroghe. Contestualmente si intendeva demandare alle successive fasi progettuali anche gli approfondimenti di dettaglio sulle misure mitigative più opportune (es. segnaletica dedicata), in funzione della natura degli eventuali deficit residui lungo i tracciati.

Considerato quanto sopra il progetto è stato modificato circostanziando in maniera puntuale all’interno della Relazione tecnica stradale quale sia stato l’inquadramento normativo considerato per le rampe, dando evidenza e motivazione specifica delle difformità residue, ove presenti; contestualmente, come anticipato sopra, è stato implementato anche il progetto della segnaletica orizzontale e verticale, andando ad inserire, in corrispondenza dei tratti caratterizzati da deficit, elementi rafforzativi specifici di segnalamento, utili a garantire adeguati livelli di sicurezza della circolazione.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- STUDIO DI TRAFFICO – codice elab. = T0887 LL01 FT DG GEN 00000 00000 R ATR 0002-01
- RELAZIONE TECNICA STRADALE – codice elab. = T0887 LL01 FT DG GEN 00000 00000 R STD 0002-01
- PLANIMETRIA DELLA SEGNALETICA CANNE NORD E SUD – codice elab. = T0887-LL01-FT-DG-OPC-SG000-00000-D-BSS-0001-00.

=== O === O ===

Aspetti urbanistici

*Considerando fra le evidenti molteplici complessità dell’opera anche quelle di natura urbanistica e paesaggistica (sia di contesto che puntuale e ciò per le indubbie rilevanti relazioni di essa con il sistema urbano genovese centrale, con lo stesso Porto e il programma di rigenerazione del Waterfront levante-Foce), è opportuno rendere maggiormente esplicito il tema riconducibile alla **“Compatibilità urbanistica”** dell’opera al fine di poterla efficacemente e sostenibilmente conseguire in sede di prosieguo della progettazione (Prog definitivo ...).*

Ciò è detto anche in considerazione dei conseguenti interventi che dovrebbero riguardare l’arco di Sopraelevata esistente, che fa da bordo e duro “diaframma” fra il centro Città e il Porto, in relazione alla “corda” di tale arco rappresentata proprio dal progetto di tunnel sub-portuale in parola (tema questo solo marginalmente trattato nella stessa Costi-benefici).

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

L’intervento del Tunnel Subportuale è compatibile con la pianificazione urbanistica comunale.

In particolare, nel vigente PUC del Comune di Genova, l'iniziativa è prevista nei seguenti documenti:

- Descrizione Fondativa, capitolo "Infrastrutture e Logistica", paragrafo "L'organizzazione delle infrastrutture della città prevista dal P.U.C. vigente", tabella "Strade di previsione del PUC di importanza a livello di città (approvato con D.P.G.R. n. 44 del 10.03.2000 e successive varianti)", voce "G13 – tunnel subportuale" (pag. 518) e, successivamente, nell'elenco dei "Progetti di infrastrutture interne al porto al giugno 2009" (pag. 527);
- Documento degli Obiettivi, capitolo "11_infrastrutture e logistica", paragrafo "Porto" (pag. 84 / 142);
- Norme di Conformità, art. SIS-I "Infrastrutture", paragrafo SIS-I-5 "Nodi infrastrutturali e infrastrutture con disciplina urbanistica a carattere propositivo/direttivo": "21. Tunnel sub-portuale La cartografia del PUC riporta l'indicazione del tracciato, avente efficacia propositiva";

ed è rappresentata nei seguenti elaborati grafici:

- Livello 1 - territoriale di area vasta, con efficacia propositiva, tavola 1 "Struttura del Piano", come strada di interesse urbano di previsione individuata con il n. 21;
- Livello 2 - urbano di città, con efficacia direttiva, tavole 2 "Sistema produttivo", 4 "Sistema infrastrutturale e insediativo" e 5 "Sistema della mobilità", come viabilità di interesse urbano di previsione;
- Livello 3 - locale di Municipio, con efficacia prescrittiva, assetto urbanistico, tavole 37, 38 e 43, come infrastruttura viaria principale di previsione di collegamento del nodo di San Benigno, attraverso Ponte Caracciolo, alla Calata Gadda sul molo vecchio.

Il progetto del Tunnel Subportuale si pone poi in sinergia con la riqualificazione del Porto Antico e con il processo di trasformazione in corso per il Waterfront di Levante, progettato dallo studio Renzo Piano Building Workshop. Il Masterplan di sistemazione dell'arco del Porto Antico, predisposto dallo studio RPBW, organizza la linea di costa come nuova "catena" di spazi di relazione. Il risultato di questa interazione e integrazione tra Masterplan e progetto del Tunnel Subportuale sono i tre accessi al tunnel che, in coerenza con le progettualità già in essere di riconversione delle attrezzature del porto, stabiliranno nuove connessioni e aperture della città al mare.

Il progetto urbanistico del nuovo Tunnel Subportuale ha l'ambizione di ricucire le aree fortemente antropizzate attraverso la realizzazione di tre nuovi parchi pubblici e una rete di percorsi ciclo pedonali in grado di valorizzare le preesistenze. Tra l'altro la realizzazione del tunnel permetterà di condurre una riflessione sul futuro della Strada Sopraelevata di Genova - la cui manutenzione straordinaria e risanamento strutturale, ormai necessari dopo oltre cinquant'anni di esercizio, richiederebbero lavori con chiusure parziali di carreggiate per oltre 4 anni e con ricadute non sostenibili sulla viabilità urbana - per la quale si potrà valutare in seguito il mantenimento in essere, anche parziale, ovvero la demolizione, ovvero la riconversione ad altri diversi utilizzi.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- RELAZIONE URBANISTICA – Parte 1 – codice elab. = T0887-LL01-FT-DG-GEN-00000-00000-R-AUA-0003-00
- RELAZIONE URBANISTICA – Parte 2 – codice elab. = T0887-LL01-FT-DG-GEN-00000-00000-R-AUA-0041-00
- RELAZIONE URBANISTICA – Parte 3 – codice elab. = T0887-LL01-FT-DG-GEN-00000-00000-R-AUA-0042-00

- RELAZIONE URBANISTICA – Parte 4 – codice elab. = T0887-LL01-FT-DG-GEN-00000-00000-R-AUA-0043-00

=== O === O ===

Aspetti impiantistici

Il tunnel sub-portuale di attraversamento della città di Genova si sviluppa per una lunghezza pari a circa 4,2 km, di cui circa 3,5 km in galleria, costituito da due canne principali separate, una per ogni direzione di marcia. Il diametro di ciascuna canna è pari a 15.40 m. Modesti tratti in galleria artificiale e in trincea sono previsti in corrispondenza degli imbocchi per raccordare la nuova infrastruttura alla viabilità esistente.

La galleria, le rampe e la viabilità esterna afferente sono alimentati da 3 cabine elettriche di trasformazione e distribuzione ubicate in prossimità degli imbocchi di galleria e delle rampe di interconnessione. Per ogni cabina è stata prevista una propria fornitura da ente distributore/erogatore in Media Tensione (MT). In ogni cabina saranno poi installati i sistemi di trasformazione MT/BT e le apparecchiature elettriche necessarie all'alimentazione degli impianti a servizio dell'infrastruttura galleria.

L'impianto elettrico non è descritto in maniera esaustiva e non sono messe in evidenza le scelte progettuali che devono essere ovviamente in accordo con la normativa vigente, ma che devono anche tenere conto della prevista evoluzione a breve della normativa tecnica relativa agli impianti elettrici in galleria.

La descrizione dell'impianto elettrico nella relazione tecnica non è molto dettagliata, ad esempio non viene indicato se le 3 cabine saranno collegate elettricamente tra loro per garantire un elevato livello di affidabilità. Inoltre non è chiaramente indicato se l'impianto di terra è unico. Anche per quanto riguarda i percorsi e l'installazione dei vari cavi (MT, BT e segnale) in galleria la descrizione non è molto dettagliata e non si capisce bene se i percorsi sono separati oppure no, e come saranno posati i vari cavi.

Grande attenzione deve essere rivolta alla progettazione dei cavi. Tutti i cavi presenti in galleria, indipendentemente dalle condizioni di posa, devono essere del tipo non propagante l'incendio.

Per quanto riguarda l'utilizzo di cavi a bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi, si deve valutare il rischio in relazione alla particolarità del tipo di installazione e dell'entità del danno probabile nei confronti di persone e/o cose. I cavi che costituiscono i circuiti di emergenza e di sicurezza, in caso di installazione a vista, devono anche essere resistenti al fuoco. Occorre infine prevedere un sistema per controllare la presenza fisica di cavi che possono anche esser oggetto di furti ed il loro stato.

L'impianto di illuminazione della galleria, alimentato dai quadri elettrici di cabina, è composto da varie linee di alimentazione, come meglio esplicitato negli elaborati di progetto ed è diviso in due tipologie di impianto aventi diverse finalità: rinforzi e permanenti.

L'impianto di illuminazione di emergenza sarà suddiviso in più tratte alimentate dai quadri di bypass. Ogni quadro di bypass alimenterà circuiti i circuiti picchetti di ciascun fornice e sarà quindi dotato di apposita centralina di comando per la commutazione del funzionamento dell'impianto da "normale" a "emergenza". Anche per il caso degli impianti di illuminazione la descrizione dell'impianto elettrico e delle sue soluzioni risulta troppo generico.

Il sistema di ventilazione in galleria ha una duplice funzione: in ordinario serve per ottenere la diluizione delle emissioni degli inquinanti all'interno della galleria in condizioni di esercizio; in emergenza, per la gestione dei fumi generati da un incendio, garantendo l'esodo in sicurezza degli utenti e facilitando le operazioni di soccorso e di spegnimento. L'impianto elettrico che alimenta i ventilatori non è sufficientemente descritto. Ogni ventilatore deve essere alimentato mediante un circuito esclusivo direttamente dalla cabina elettrica di alimentazione. Per motivi legati alla

*sicurezza degli operatori e per facilità nelle attività di manutenzione, ogni ventilatore deve essere sezionabile localmente tramite l'installazione di presa a spina industriale con interruttore di blocco. I ventilatori devono essere collegati all'alimentazione elettrica di emergenza. **Il sistema di comando e controllo del sottosistema di ventilazione deve essere collegato all'alimentazione elettrica di sicurezza.** I ventilatori devono essere dotati di **trasduttori sismici** per la misura delle vibrazioni secondo una qualsiasi direzione radiale e un sensore deve rilevare il distacco meccanico del ventilatore.*

*Con lo scopo principale di gestire correttamente ogni evento in ordinario o in emergenza, ogni ventilatore deve essere equipaggiato con un **variatore di velocità** incorporato direttamente o nelle sue immediate vicinanze. Il sistema nel suo complesso deve essere in grado di garantire la continuità di servizio a 400 °C per almeno 90 minuti.*

In conclusione, si raccomanda di tenere in debito conto la normativa tecnica prossima ventura e di descrivere in maniera più chiara le soluzioni progettuali adottate per l'impianto elettrico.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

A seguito delle numerose osservazioni, si è provveduto ad integrare la relazione specialistica, che ora contiene una più ampia e dettagliata descrizione degli impianti elettromeccanici. Di seguito si anticipano i primi riscontri agli aspetti evidenziati nelle osservazioni:

- le 3 cabine di trasformazione previste agli imbocchi, presentano tutte alimentazioni indipendenti e sono dotate di un proprio sistema dedicato di alimentazione di riserva, realizzato mediante gruppi elettrogeni. Questo costituisce già di per sé la garanzia di continuità di servizio e non richiede il collegamento ad anello delle 3 unità. L'impianto di terra è invece unico per garantire la massima sicurezza di esercizio
- tutti i cavi in galleria sono stati progettati secondo i requisiti normativi previsti dello standard di riferimento CEI 64-20 e saranno del tipo CPR, non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi. Laddove richiesto, sui sistemi di sicurezza, i cavi presentano adeguata resistenza al fuoco. Le vie cavi sono state dettagliate negli appositi elaborati di progetti, distinguendo le installazioni in cavidotto nel marciapiede e quelle a vista su passerella. Laddove possibile i cavi sono stati installati in posizione protetta rispetto all'esposizione al fuoco. L'installazione di un sistema di controllo relativo alla presenza dei cavi e del loro stato di esercizio non è stata implementata perché non esplicitamente richiesta dalla normativa applicabile e dal Cliente finale.
- l'impianto di illuminazione permanente di galleria prevede già la separazione delle linee di alimentazione ordinaria da quelle di emergenza alimentato in continuità dal gruppo elettrogeno sussidiario di emergenza. Tutti gli impianti di illuminazione stradale sono alimentati, per esigenze di controllo centralizzato, dalle cabine elettriche. A servizio della galleria è prevista anche l'installazione di un impianto di illuminazione di sicurezza per l'esodo installato con il fine di garantire il minimo livello di illuminamento dei camminamenti pedonali richiesto per l'esodo; in questo caso l'impianto è realizzato a settori ed alimentato dai quadri di distribuzione di by-pass.
- l'impianto di ventilazione prevede modalità di installazione conformi ai requisiti della normativa applicabile ed in particolare della CEI 64-20; in particolare, per ogni ventilatore è stata prevista un'alimentazione dedicata con propria linea in cavo direttamente derivata sotto l'avviatore installato sul quadro generale di ventilazione. In prossimità di ogni ventilatore è installato un sezionatore con presa a spina resistente al fuoco a tutela della sicurezza dell'operatore durante le attività di manutenzione. Tutti i ventilatori sono equipaggiati con sensoristica a corredo tra cui

il sensore di vibrazione e quello di orizzontalità (distacco volta). Tutti gli impianti di ventilazione sono alimentati in continuità dalla sezione di impianto derivata sotto generatore ausiliario (gruppo elettrogeno). Non si prevede invece l'utilizzo di variatori di velocità incorporati direttamente nei ventilatori o nelle loro vicinanze; l'elevato numero di ventilatori installato in galleria consente già un adeguato livello di controllo della ventilazione (numero di gradini di regolazione).

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- RELAZIONE GENERALE DESCRITTIVA – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-GEN-00000-00000-R-OPT-0002-00
- RELAZIONE TECNICA IMPIANTI – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-GEN-00000-00000-R-OPT-0003-00
- RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTI LOCALI TECNICI – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-GEN-00000-00000-R-OPT-0004-00
- RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTI ELETTRICI – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-IEM-GE000-00000-R-OPT-0005-01
- RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTI DI VENTILAZIONE DI GALLERIA – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-IMV-GE000-00000-R-OPT-0050-01
- RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE – codice elab. = T0887-LL01-FT-IM-IMI-GE000-00000-R-OPT-0037-00

=== O === O ===

Aspetti idrologici ed idraulici

Come esposto in precedenza, nel corso dell'esame del progetto sono state evidenziate alcune criticità, la principale delle quali riguarda i tempi di ritorno delle portate che possono affluire alla galleria per le quali deve essere dimensionato il sistema di smaltimento. Essendo indispensabile contenere il valore di questa portata (con tempo di ritorno di 200 anni) alle sole parti scoperte dell'opera, è fondamentale stabilire i tiranti che possono realizzarsi agli imbocchi/sbocchi delle opere per eventi con tempo di ritorno di almeno 200 anni e quindi l'altezza dei dossi di protezione eventuali e le opere di allontanamento di queste acque dalla zona degli imbocchi.

Si è anche sottolineata la non sufficiente chiarezza di alcuni punti della relazione idraulica.

La risposta del Proponente, anche essa riportata in precedenza, accoglie in modo soddisfacente solo alcune delle osservazioni.

Per quanto riguarda l'area S. Benigno in questo progetto la portata affluente alla zona del tunnel deve essere quella che non tiene conto di esondazioni a monte, come ripetutamente ribadito per casi analoghi da questo Consiglio, in quanto queste dovrebbero ovviamente essere eliminate; si prende atto della proposta, con la lettera di risposta alle osservazioni della Commissione, di uno scolmatore, per ora solo abbozzato e per il quale, quindi, non può esprimersi alcun giudizio.

Per quanto riguarda l'imbocco est si osserva che i 30 cm di tirante d'acqua indicati dal piano di bacino riguardano un esame svolto su un ampio territorio con finalità diverse dall'esame richiesto per questa opera. I valori ottenuti vanno pertanto verificati sia per quanto riguarda il modello idraulico che quello del terreno. E' appena il caso di osservare che fatti singolari quali possono essere per esempio il trascinarsi di detriti, una modifica locale del terreno, il crollo di una pianta, se non considerati nel modello, renderebbero non adeguato il franco ottenuto con il proposto dosso di 50 cm, franco da ritenersi comunque inadeguato. Le modifiche conseguenti all'entrata in funzione

dello scolmatore del torrente Bisagno potranno essere tenute in adeguato conto solo ad opere scolmatrici funzionanti.

L' adeguamento delle opere a quanto richiesto, così come l'adeguata scelta dei materiali influisce ovviamente nelle valutazioni economiche.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

Si è provveduto ad integrare le relazioni specialistiche idrologico - idrauliche, che ora contengono una più ampia e dettagliata descrizione degli interventi idraulici. Di seguito si anticipano i primi riscontri agli aspetti evidenziati nell'osservazioni:

- tempo di ritorno – la rete di piattaforma all'aperto e le vasche di accumulo e rilancio sono state dimensionate considerando un tempo di ritorno pari a 200 anni, obiettivo raggiunto ammettendo un grado di riempimento dei collettori superiore all'80%.
- imbocco S. Benigno (Ovest) - è stato sviluppato un modello 2D del fosso San Bartolomeo da cui è emerso che questo risulta assolutamente insufficiente con allagamenti diffusi nell'area d'intervento. Pertanto, al fine di garantire la sicurezza della nuova opera, è stato progettato un nuovo scolmatore, atto a consentire il transito della portata con tempo di ritorno 200 anni e ad eliminare gli allagamenti. Come ulteriore presidio di sicurezza, pur avendo eliminato gli allagamenti, per garantire anche la disconnessione idraulica tra le viabilità urbane esistenti e il tunnel in progetto, a monte dell'imbocco ovest è stato previsto un dosso di altezza pari a circa 40 cm rispetto alla piattaforma di progetto. In tal modo viene eliminata la possibilità che deflussi superficiali originati dalle eventuali insufficienze idrauliche delle reti di drenaggio esistenti possano interessare il tunnel sub-portuale.
- imbocco Viale Brigate Partigiane (Est) - si specifica che il modello idraulico, commissionato dalla Regione Liguria per la definizione delle fasce di inondabilità attualmente vigenti, è particolarmente solido perché utilizza basi topografiche di dettaglio di seguito riportate:
 - DTM fornito dal Ministero dell'Ambiente, prodotto con tecnologia Laser Scanner in volo (LIDAR), caratterizzato da una maglia quadrata 1x1 m;
 - Carta Tecnica Regionale (C.T.R.), scala 1:5000, vettoriale tridimensionale (formato DWG);
 - Carta Tecnica con rilievo 1:1000 del Comune di Genova;
 - elaborati di progetto dei lavori di adeguamento della copertura terminale del torrente Bisagno messi a disposizione dal Comune di Genova.

Dal punto di vista modellistico lo studio idraulico del torrente Bisagno è necessariamente esteso per tenere conto degli allagamenti che si originano a monte e si propagano verso valle interessando una superficie urbana molto vasta la quale comprende anche l'area del presente intervento. Si ritiene pertanto che, per le ragioni sopra esposte, i risultati della modellazione idraulica siano del tutto attendibili: con queste premesse, secondo il modello idraulico, in corrispondenza dell'imbocco il tirante risulta essere inferiore a 30cm. Poiché le Norme di Attuazione (Allegato 5) del Piano di Bacino del torrente Bisagno prevedono un ulteriore franco di 50cm sopra il tirante di allagamento, per rispettare questa prescrizione è stata modificato il tratto terminale della livelletta stradale del tunnel, realizzando un dosso di altezza 80 cm. In tal modo viene eliminata la possibilità che deflussi superficiali originati dalle eventuali insufficienze idrauliche delle reti di drenaggio esistenti possano interessare il tunnel sub-portuale.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- RETE DI DRENAGGIO PIATTAFORMA – RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA – codice elab. = T0887-LL01-FT-DG-IDR-DP000-00000-R-IDR-0001-01
- SCOLMATORE FOSSO SAN BARTOLOMEO - RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA – codice elab. = T0887-LL01-FT-S1-LVS-TS001-00000-R-IDR-0024-00

=== O === O ===

Aspetti geologici

Il Progetto di Fattibilità Tecnica Economica del Tunnel Subportuale di attraversamento della città di Genova interessa il territorio comunale del capoluogo ligure.

L'intervento prevede il collegamento dal nodo di S. Benigno a ovest, fino al quartiere Foce (Torrente Bisagno) ad est, attraversando in sotterranea il bacino portuale per una lunghezza del tunnel pari a circa 3,4 km. L'obiettivo è ridurre i volumi di traffico, migliorando l'efficienza del collegamento viario veloce di attraversamento della città, attualmente costituito dalla sopraelevata realizzata nei primi anni '60. Il tracciato del tunnel scende progressivamente di quota con pendenza massima del 5% fino a raggiungere una profondità massima di circa -45 m s.l.m. al di sotto del bacino portuale, per poi risalire in superficie.

Sul piano geologico-geotecnico lo studio è supportato da numerose indagini in sito, sia attuali, sia, soprattutto, pregresse e relative a progetti precedenti nella stessa area di intervento. La caratterizzazione geologica risulta nel suo complesso completa e dettagliata.

L'unità tettonica più antica è quella del Ronco, che sovrascorre sull'unità del Monte Antola, quest'ultima affiorante nella maggior dell'area di progetto. Entrambe sono costituite da flysch di vario tipo (Figura 1). L'unità più recente è invece costituita dai depositi pliocenici e quaternari della successione del Bacino Terziario Piemontese.

L'inquadramento geologico sulla Carta Geologica d'Italia e la visione degli elaborati di progetto confermano l'inquadramento geologico a scala regionale, con la presenza della formazione di Ronco (ROC), costituita da torbiditi, della formazione del Monte Antola (FAN), costituita da torbiditi e marne calcaree e, infine, i depositi pliocenici costituiti dalle argille di Ortovero (ORV), affioranti in una piccola porzione della parte orientale del golfo (graben riempito)

A livello geomorfologico l'area si trova all'interno di un'ampia insenatura parallela alla linea di costa. I rilievi montuosi, verso nord, caratterizzano l'area con acclività marcate e un reticolo idrografico costituito da torrenti montani con andamento nord-sud. Si evidenzia, in merito, la presenza nella parte di imbocco ad est del tunnel di progetto del torrente Bisagno, tombato e già noto in passato per aver creato disagi in condizioni di piena.

Osservazioni

Da un punto di vista geologico ed idrogeologico può essere utile porre l'attenzione su alcune criticità riscontrate.

Le indagini, come già accennato, sono numerose, avendo considerato anche i risultati pregressi di altri progetti. Il modello geologico-tecnico risulta coerente con i dati di letteratura. Per ciò che concerne gli aspetti geomorfologici, l'interazione dell'opera con il tratto di torrente (Bisagno) tombato richiede approfondimenti.

*Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, nella tavola dei complessi idrogeologici, **la valutazione della permeabilità dei vari litotipi sembra essere accennata come tipologia (carsismo, fratturazione e porosità) ma non è rappresentata nella sua distribuzione spaziale né adeguatamente quantificata in termini numerici.** Alcuni valori (massimo e minimo) sono riportati in relazione geologica in Figura 6-2, ma il dato, proveniente da prove effettuate nei progetti pregressi, non viene trattato dal punto di vista statistico, per cui non si riesce a valutare l'affidabilità del valore del parametro in relazione alla numerosità delle indagini.*

Inoltre, l'interazione della falda, così come delle acque marine, con l'opera in sotterraneo non sembra essere approfondita, soprattutto considerando l'estensione dell'area di interesse e l'eterogeneità caratterizzata dalle formazioni geologiche oggetto di indagine. Si ritiene che, considerato l'elevato numero di indagini geognostiche effettuate, l'esecuzione di prove di permeabilità in sito di tipo Lugeon (per rocce) e LeFranc (terreni) siano necessarie alla definizione del parametro a livello progettuale, ai fini della valutazione della interazione della circolazione delle acque sotterranee con lo scavo in fase di cantiere ed in esercizio. A tal fine manca la rappresentazione di una ricostruzione dell'andamento dei carichi idraulici, anche approssimata, nell'areale del tracciato, nella cartografia idrogeologica. Per questi motivi, quindi, anche in considerazione della potenziale infiltrazione delle acque meteoriche e della potenziale intrusione marina, nei tratti marnoso-calcarei in galleria, è necessaria una valutazione delle portate filtranti e la previsione di interventi di drenaggio all'intorno dello scavo.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

Si è provveduto ad integrare la relazioni specialistiche geologica-geomorfologica e geomeccanica, che ora contengono una più ampia e dettagliata descrizione degli aspetti geologici/idrogeologici. Di seguito si anticipano i primi riscontri agli aspetti evidenziati nell'osservazioni:

- il tema dell'interazione dell'opera con il tratto di torrente (Bisagno) tombato e già noto in passato per aver creato disagi in condizioni di piena, è stato trattato nel paragrafo relativo agli "Aspetti idrologici ed idraulici".
- per quanto riguarda la permeabilità, nella Relazione Geologica sono riportati i dati di permeabilità derivanti dalle numerose indagini disponibili su Calcari, Argille di Ortovero e depositi quaternari sabbiosi, eseguite anche in altri progetti in aree limitrofe. I parametri caratteristici in termini di range di permeabilità derivano da una valutazione dei risultati delle prove eseguite per il progetto (n. 18 prove Lugeon e n.8 prove Lefranc) oltre a quelle disponibili da bibliografia;
- la zona del progetto, dal punto di vista idrogeologico, è quella tipica degli ambienti costieri, dove l'acquifero freatico è in contatto con il livello del mare. Nell'ambito del quadro progettuale, l'unica perturbazione dell'equilibrio è legata all'eventuale drenaggio da parte del Tunnel sub-portuale. Tale fenomeno non è ipotizzabile in quanto lo scavo, per le sue caratteristiche, non sarà in grado di produrre alcun tipo di drenaggio delle acque della falda freatica. Infatti, l'utilizzo di una TBM in modalità chiusa - che applica una contropressione di contrasto al fronte di scavo, unitamente al rivestimento con conci a tenuta stagna – non potrà innescare fenomeni di richiamo di acqua ipogea lungo l'intero sviluppo dell'opera, quindi neanche in corrispondenza delle sezioni di passaggio tra ambiente costiero e ambiente marino.
- In relazione alla ricostruzione dei carichi idraulici si evidenzia che il progetto si sviluppa per la quasi totalità in ambito marino, dove si assume il livello del mare come carico idraulico di riferimento. Nella porzione iniziale di circa 600-700m il progetto si sviluppa sotto il colle di Carignano, parallelamente alla costa, laddove è ragionevole ipotizzare un carico idraulico di alcuni metri superiore al livello del mare. Le indagini qui posizionate per la successiva fase progettuale permetteranno di definire questo aspetto con maggior dettaglio. Il successivo tratto progettuale si sviluppa al di sotto delle banchine portuali in un contesto nel quale il carico idraulico può essere riferito al livello medio mare.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- RELAZIONE GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA – codice elab. = T0887-LL01-FT-DG-GEO-GE000-00000-R-GEO-0001-01
- RELAZIONE GEOMECCANICA DELLA GALLERIA NATURALE – codice elab. = T0887-LL01-FT-DG-GTA-GE000-00000-R-TUN-0001-01

=== O === O ===

Aspetti geotecnici

Il tunnel subportuale ha una lunghezza di circa 3,4 km e prevede la realizzazione di due canne separate, una per ciascuna direzione di marcia. Il diametro di scavo è pari a circa 16m, con diametro esterno dell'anello in conci prefabbricati di 15,4 m e diametro interno di 14,3 m. Nel PFTE è previsto che lo scavo venga effettuato mediante una TBM scudata a contropressione sul fronte, tipo "Hydroshield". Al fine di assicurare la completa tenuta idraulica della sezione, in particolare nella zona di sotto attraversamento del bacino portuale, il rivestimento definitivo in conci prefabbricati dovrà poi essere integrato da un rivestimento anulare interno in calcestruzzo gettato in opera dello spessore di 0,25 m.

La galleria attraverserà terreni di riporto, depositi quaternari di origine marina, la formazione delle argille di Ortovero e l'unità dei Calcari del Monte Antola.

I depositi quaternari sono una formazione piuttosto eterogenea costituita principalmente da terreni sabbiosi con un percentuale non trascurabile di limi e in misura minore di argille (<15%). La permeabilità è piuttosto elevata dell'ordine di 10^{-5} – 10^{-6} m/s.

Nella tratta che sottopassa il porto di Genova, per circa 200m, verranno attraversati materiali coesivi argillosi riconducibili alla formazione delle Argille di Ortovero, caratterizzate da bassa permeabilità e da consistenza media.

Più del 70% dello scavo della galleria interesserà la formazione dei calcari del Monte Antola costituita da un'alternanza di strati litoidi marnosi, nettamente prevalenti, e strati argillitici in subordine. Dai sondaggi si rileva che porzioni anche metriche (2m) alla sommità dell'unità dei calcari risultano alterate e fortemente fratturate. Il valore di RQD medio rilevato nei sondaggi è pari a circa 60 %, con numerose tratte in cui il valore di RQD è superiore a 70%.

Nel punto di minimo del tracciato la pressione d'acqua in asse galleria è pari a circa 5 bar.

La principale criticità in fase di scavo è rappresentata dalla potenziale instabilità del fronte nelle porzioni più superficiali dei calcari del Monte Antola e nelle zone a fronte misto.

Nel PFTE la tipologia di TBM ritenuta più idonea per la realizzazione dello scavo è il tipo denominato Hydroshiled; la macchina consente il confinamento e sostegno del fronte di scavo mediante la pressurizzazione di un "fluido di scavo" costituito principalmente da bentonite mista al materiale scavato. Il "fluido" fuoriesce dalla camera di scavo attraverso un sistema di scarico a pressione controllata; massi e blocchi troppo grandi per essere rimossi dal sistema idraulico possono essere macinati da un frantoio (crusher) posto in camera di lavoro; dinnanzi al punto di prelievo. Il trasporto all'esterno del "fluido" viene effettuato mediante tubi idraulici.

Considerando che oltre il 70% dello scavo interesserà la formazione dei calcari del Monte Antola, una possibile alternativa alla TBM Hydroshield potrebbe essere una TBM 'Dual Mode'; questa potrebbe essere utilizzata sia in modalità da roccia, sia in modalità EPB con il supporto attivo del fronte. Nella modalità EPB, il materiale viene estratto tramite un trasportatore a coclea, mentre in modalità 'roccia' la coclea viene sostituita da un nastro trasportatore. I principali vantaggi potrebbero essere connessi con la più semplice gestione del materiale di scavo, in quanto una Hydroshield necessita di un impianto di separazione (primario e secondario) e dei relativi serbatoi di stoccaggio (bentonite fresca, serbatoi di circolazione e bentonite esausta) e richiede installazioni di cantiere più importanti rispetto una EPB. Una TBM 'Dual Mode' potrebbe inoltre assicurare una maggiore velocità di avanzamento dello scavo nei tratti in roccia.

Per la realizzazione di alcune delle opere complementari previste nella tratta di attraversamento delle argille di Ortovero, quali il by-pass pedonale, nella attuale fase del progetto si è ipotizzato di ricorrere al congelamento artificiale del terreno. Il by-pass ha un'estensione di circa 13 m e una sezione interna costante lungo tutto il suo sviluppo con una larghezza di 3.8 m al piano dei centri. E' previsto che lo scavo del by-pass venga effettuato con metodo tradizionale, partendo dalla canna della galleria sud, previa esecuzione di un guscio impermeabile al contorno dello scavo e iniezioni di miscela cementizie a tergo dei conci di rivestimento, nella zona di attacco del by-pass pedonale. Il sistema di congelamento previsto è a salamoia e consiste nel far circolare il fluido refrigerante a -30°C circa attraverso un sistema di sonde congelatrici installate nel terreno. Al progetto presentato sono allegati alcune prove preliminari effettuate in laboratorio per valutare le caratteristiche di resistenza a deformabilità dei campioni di terra congelati. La scelta definitiva del metodo di congelamento da adottare richiederà, nelle successive fasi progettuali ed in corso d'opera, una attenta campagna sperimentale in sito ed un piano di monitoraggio.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

La scelta della tipologia della fresa è passata attraverso un processo di valutazione dei rischi connessi alle condizioni geologiche/idrogeologiche e geomeccaniche del progetto che ha evidenziato le maggiori criticità connesse con lo scavo. Tra le principali esigenze rientra senz'altro la necessità di assicurare la completa tenuta idraulica durante lo scavo, in un contesto caratterizzato da "formazione piuttosto eterogenea", "permeabilità elevata", "porzioni anche metriche (2m) alla sommità dell'unità dei calcari risultano alterate e fortemente fratturate", congiuntamente ad una quota di falda corrispondente al livello del mare.

Quanto sopra porta a ritenere che la modalità "aperta" per lo scavo attraverso utilizzo di nastro di trasporto che raccoglie il materiale dalla testa di scavo sia da escludere, per non incorrere nel rischio di intercettazione di eventuali zone ad alta permeabilità senza avere il tempo operativo necessario per le opportune contro-misure tecniche.

Importante evidenziare come la modalità "dual" che spazia tra modalità "aperta" e modalità "chiusa" presuppone attività di riconfigurazione interna della macchina di scavo con i relativi tempi di attesa e quindi di mancata produzione. Inoltre la riconfigurazione passa anche attraverso una modifica alla carpenteria della testa di scavo che deve essere modificata da monodirezionale per la modalità "aperta" e bi-direzionale per la modalità "chiusa". Infatti, nella modalità aperta la testa deve garantire la raccolta, il sollevamento e lo scarico del materiale nella tramoggia di carico posta nella sua parte centrale. Questa modifica presuppone attività direttamente sulla testa scavo per le opportune modifiche e riconfigurazione.

Riguardo all'influenza delle opere sulla falda sia in fase di cantiere che in fase definitiva, l'intento progettuale è stato quello di annullare qualsiasi interazione con la falda preesistente. Infatti, durante lo scavo meccanizzato è previsto in progetto un avanzamento sempre a fronte chiuso, anche nelle tratte calcaree in quanto il tracciato è per la sua totalità pressoché sempre sottofalda, assunta in questa fase alla quota di zero dell'adiacente livello marino. Questo è uno dei principali motivi per cui non si è scelta una macchina TBM "dual mode" che possa eventualmente procedere in modalità da roccia, suggerita invece nelle osservazioni degli aspetti geotecnici. Si ritiene infatti non coerente con le ipotesi progettuali qualsiasi intervento in sotterraneo che presupponga il drenaggio della falda, proprio per non interferire con i livelli di falda presenti. Per questo anche le gallerie scavate in tradizionale (cameroni e rampe) sono prive di drenaggi al fronte e sono previsti una serie di interventi, con iniezioni di impermeabilizzazione al contorno ed in avanzamento, atti a compartimentare i campi

di scavo. Per la situazione definitiva si precisa che i rivestimenti delle gallerie sono tutti considerati a tenuta idraulica per cui anche le gallerie in tradizionale sono previste tutte con impermeabilizzazione full-round. Le gallerie con scavo meccanizzato sono provviste di guarnizioni a tenuta fra i conci ed inoltre è previsto un ulteriore anello in cls armato interno a tenuta idraulica, grazie ad una impermeabilizzazione a tergo full-round in PVC.

Il contesto del progetto non presenta una netta zonizzazione per l'applicazione della modalità "aperta" oppure "chiusa" ed anche nella ipotesi di una zonizzazione in tal senso ci sarebbero diversa transizione con il corrispondente dispendio di tempi e di costi per le multiple trasformazioni. Per esempio, le zone di imbocco e di uscita dovranno essere gestite in modalità "chiusa" a causa delle preesistenze, alcune di alto pregio, da preservare da ogni rischio connesso ad eventuali sovra-scavi il cui controllo è pressoché nullo nella modalità "aperta". La zona centrale nella formazione argillosa dovrà essere scavata in modalità "chiusa" così come le zone dove il calcare presenta fratturazione e dove lo scavo si avvicina alla zona sommitale dello stesso. Ne risulterebbe una quota potenzialmente gestibile in modalità "aperta", fatta salva la necessità che tale zonizzazione sia supportata da opportuni e dettagliati approfondimenti progettuali integrati da opportune analisi visto il rischio associato all'applicazione della modalità "aperta" nel contesto sbagliato senza più avere misure di mitigazione a disposizione.

Per tutto quanto sopra richiamato l'avanzamento in modalità "chiusa" rappresenta l'unica modalità da applicare durante lo scavo per garantirne il necessario livello di sicurezza ed annullare l'interazione con la falda marina.

Nel confronto tra le tecnologie di macchine "chiuse" - EPB o Hydroshield - il progettista, pur considerando ambedue applicabili, ha individuato la seconda tecnologia come quella più adatta e idonea per il contesto in esame.

Le macchine Hydroshield garantiscono il costante funzionamento a fronte chiuso e pressurizzato con un controllo della pressione applicato al fronte estremamente preciso e affidabile. Infatti, la pressione viene regolata da una bolla di aria compressa posta nella parte superiore e dietro la paratia sommersa, garantendo una precisione di +/- 0,1bar e l'indipendenza sia dal sistema di trasporto dello smarino che dalla velocità di avanzamento.

Al contrario con le macchine EPB la pressione al fronte viene regolata attraverso l'equilibrio che si genera tra la regolazione della velocità di scavo e la regolazione della estrazione attraverso la coclea, determinando oscillazioni a volte molto ampie e con tempi di reazione potenzialmente lunghi e legati all'operatore della fresa. In contesti particolarmente delicati, come quello urbano, nelle EPB viene infatti utilizzato un sistema automatico di recupero di emergenza della pressione che si basa su serbatoi di aria compressa che pressurizzano un determinato volume di bentonite stoccato a bordo fresa per la sua iniezione in camera di scavo, in effetti una replica in piccolo e di minore efficacia di quanto avviene con l'Hydroshield. Inoltre, la potenziale presenza di blocchi lapidei che si dovessero staccare dal fronte in modo incontrollato possono determinare alcuni scenari di rischio correlati alla pressurizzazione del fronte. Infatti, eventuali blocchi sovra misura possono bloccare la coclea e richiedere la necessità di intervento in camera di scavo o lungo la coclea in uno scenario di camera di scavo pressurizzata e quindi di difficile gestione. In alcuni casi si è verificato il blocco della portella interna della coclea stessa, causata da un blocco, e conseguente ingresso incontrollato di acqua e smarino in pressione in caso di scavo in comunicazione stretta con la falda.

Le macchine Hydroshield utilizzano la bentonite per la stabilizzazione del fronte e il trasporto dello smarino, generando il cosiddetto "filter cake" ovvero una strato di bentonite sul fronte di scavo che ha la funzione di stabilizzare lo stesso fronte, abbattere la sua permeabilità e garantire una

adeguata trasmissione della pressione di supporto. Grazie a questa sua “intrinseca” funzione il fronte di scavo è sempre pronto per le attività di manutenzioni iperbariche alla testa di scavo.

Le macchine EPB invece richiedono una attività di preparazione del fronte di scavo per le manutenzioni iperbariche che viene eseguita attraverso la sostituzione del materiale di scavo con fluido bentonitico, con un aggravio delle tempistiche di manutenzione e una minore sicurezza delle stesse operazioni a causa della minore efficacia di un “filter cake” realizzato di volta in volta.

In merito alle performance di scavo, intese come velocità di avanzamento, trattandosi di grande diametro, l'elemento da tenere in debita considerazione è la velocità di rotazione della testa che è comunque limitata a prescindere da una modalità “aperta” oppure “chiusa” in quanto è necessario tenere in debito conto gli aspetti legati alla velocità degli utensili di scavo (Cutter Disc) e i relativi impatti in presenza di fronti misti, fratturati o stratificati. Quindi la potenziale differenza tra le due modalità di scavo è limitata. A vantaggio dell'Hydroshield deve essere evidenziato il fatto che la minore densità in camera di scavo rispetto la EPB permette una velocità di rotazione maggiore, grazie ad una minore resistenza per attrito, e conseguentemente velocità di avanzamento maggiori.

Sia per la EPB che per la Hydroshield rimane comunque possibile operare in una modalità prossima a quella “aperta” infatti, a valle delle opportune considerazioni in merito a stabilità del fronte e interfaccia con la falda, è possibile operare con la camera di scavo parzialmente piena di materiale di scavo o di bentonite, il cosiddetto “splashing mode” per le Hydroshield, per aiutare il processo di scavo laddove necessario senza rinunciare alla pronta reazione del sistema in caso di repentina richiesta di pressurizzazione integrale.

In merito alla gestione del materiale di scavo e gli spazi in cantiere, questi ultimi particolarmente critici nel caso in parola, si evidenzia come le macchine EPB introducano componenti chimici nel materiale di scavo (tensioattivi o polimeri) per garantirne la fluidificazione e pertanto il materiale di scavo dovrà essere temporaneamente abbancato a lotti in attesa del periodo di biodegradazione di tali componenti chimici per la chiusura dell'iter di caratterizzazione. Tale periodo può arrivare anche a 2-3 settimane con la conseguenza di una importante richiesta di superficie per lo stoccaggio provvisorio, nonché strutture per la separazione dei lotti di caratterizzazione e impianti di movimentazione. Per esempio, nell'ambito dei lavori di realizzazione della galleria S.Lucia (EPB 16 metri) l'area di caratterizzazione aveva un'impronta per le sole vasche di accumulo pari a 100 x 200m, oltre gli impianti correlati. In ogni caso lo smarino prodotto dalla EPB ha caratteristiche tali da renderlo difficilmente riutilizzabile nelle opere marittime previste dal progetto come destinazione finale delle terre da scavo. La macchina Hydroshield gestisce invece il materiale attraverso un impianto di separazione primario che per il caso in esame avrà un ingombro 15 x 15 metri a cui si aggiungono i serbatoi di accumulo con un ingombro complessivo pari a circa 25mx100m, il terzo stadio di idrocycloni con ingombro stimato in 5x10, le centrifughe con ingombro valutato in 10x10 e impianto preparazione bentonite con ingombro valutato in 5x10 ed infine l'area per la caratterizzazione dei cumuli per circa 6.000 mq. Complessivamente una superficie pari a circa 9.000mq, meno del 50% di quella impegnata da una EPB di pari caratteristiche. Il materiale di scavo in uscita dal separatore primario, che gestisce la quota sostanziale dello smarino, risulta essere un prodotto di mero trattamento fisico (vaghi e idrocycloni) rendendo più semplice il suo riutilizzo e riducendo drasticamente le tempistiche di eventuale caratterizzazione e quindi tempistiche e volumetrie di stoccaggio preliminare.

Per quanto riguarda l'intervento di congelamento per lo scavo del bypass il progetto è corredato da una serie di indagini in sito ed in laboratorio comunque numerose per il livello progettuale considerato. Nelle successive fasi progettuali si potranno approfondire le tematiche già affrontate in

questa fase con ulteriori indagini ed una campagna sperimentale in sito che ne attesti ulteriormente la fattibilità tecnologica.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- SCAVO MECCANIZZATO - SCELTA MACCHINA DI SCAVO – codice elab. = T0887-LL01-FT-A1-G01-GN001-00000-R-TUN-0199-00
- RELAZIONE TECNICA SULLO SCAVO CON CONGELAMENTO DEL BYPASS – codice elab. = T0887-LL01-FT-A1-G01-BY000-00000-R-TUN-0165-01

=== O === O ===

Aspetti strutturali

La realizzazione dell'opera prevede tratti in galleria naturale, tratti in galleria artificiale policentrica, tratti in galleria artificiale scatolare, tratti in trincea, in rilevato ed un tratto in viadotto.

Il tratto in galleria naturale, che rappresenta la maggior parte del tracciato, è realizzato mediante scavo meccanizzato con TBM e posizionamento di conci prefabbricati. Il diametro dello scavo è di circa 16 metri, quello esterno del tunnel di 15.4 metri, con 9 conci prefabbricati di spessore 55 cm. Nel progetto è affrontato il problema di realizzazione di scavi in terreni incoerenti o poco coerenti anche in presenza di falda, con la necessità di adattarsi alle variabilità imposta dal contesto geotecnico lungo il tracciato ed all'eterogeneità dei materiali. Sono anche riportati disegni per documentano il piano di monitoraggio durante l'esecuzione degli scavi. La lunghezza complessiva delle gallerie principali è pari a circa 3420 m per canna, e prevede la realizzazione di by-pass di collegamento tra le due canne.

L'apertura nei conci prefabbricati verrà realizzata successivamente garantendo una cerchiatura di sostegno del rivestimento tagliato, con struttura in calcestruzzo gettato in opera. L'innesto delle due rampe dello svincolo Madre di Dio comporta la realizzazione di due cameroni di raccordo fra le rampe e le gallerie principali, che sono realizzati con scavo in tradizionale in allargo procedendo alla demolizione dei conci prefabbricati installati sulle gallerie principali previo consolidamento delle rocce calcaree.

L'attacco delle rampe è realizzato con scavo in tradizionale procedendo inizialmente dai cameroni verso gli imbocchi in superficie parallelamente alle operazioni di demolizione delle strutture interferenti al piano campagna, ed adottando differenti sezioni di scavo in funzione del grado di consistenza dell'ammasso roccioso.

In corrispondenza degli imbocchi Est e Ovest e dello svincolo Madre di Dio, laddove il tunnel si collega con la città raggiungendo le quote della viabilità urbana, sono realizzate opere di raccordo tra la suddetta viabilità esistente e le gallerie. Queste opere consistono principalmente in gallerie artificiali, sia policentriche che scatolari, trincee e tratti in viadotto.

Le gallerie artificiali prevedono l'esecuzione di opere provvisorie e definitive, quali la realizzazione di platea di fondazione in c.a., contro-pareti perimetrali, setti e pilastri in c.a. dell'area in galleria artificiale, contro-pareti nell'area della trincea e realizzazione di trave di coronamento dei diaframmi perimetrali, solai in c.a., eventualmente prefabbricati con getto di completamento, a copertura della galleria artificiale e per la formazione dei locali tecnici in progetto.

In corrispondenza dell'imbocco Est, è prevista la realizzazione di un viadotto a struttura mista acciaio-calcestruzzo a n.6 campate in continuità con luce di 22.5 m e larghezza variabile da 24.15 m a 12.72 m, realizzati su pile a telaio con fusto a sezione rettangolare e fondazioni a plinto su micropali.

Le opere verranno poi completate con la demolizione del muro di contenimento di C.so Saffi, nel tratto di interesse e il completamento delle gallerie artificiali fino al paramento del muro stesso, la rimozione dei presidi provvisionali delle mura storiche e la riattivazione della viabilità sul sedime ripristinato di Corso Saffi al fine di consentire la demolizione dell'impalcato provvisorio che sostiene la viabilità di C.so Saffi nelle fasi di scavo.

I due rami di svincolo per il collegamento con la zona di via Madre di Dio si distaccano dalle gallerie principali in un'area risulta ubicata in corrispondenza dell'attuale Sopraelevata, che in questo tratto dovrà essere smantellata e demolita prima dell'inizio delle lavorazioni per lo scavo degli imbocchi. La tratta compresa tra i cameroni e le opera di imbocco prevede due gallerie indipendenti, di lunghezze rispettivamente pari a 360m m e 250 m per gli assi nord e sud, da realizzare "in tradizionale". Le opere di imbocco delle gallerie naturali sono costituite da paratie di micropali (tipo "berlinese") e da paratie di pali secanti. Le berlinesi di micropali risultano vincolate in sommità da un solettone provvisoriale in calcestruzzo armato di spessore pari a 1.00 m; è presente anche un vincolo intermedio, sempre di carattere provvisoriale, costituito da un sistema di puntoni idraulici telescopici. Si prevede, invece, una paratia di pali secanti per la zona est dell'imbocco, ove il tetto roccia è atteso ad una maggiore profondità rispetto al piano campagna, al fine di garantire la tenuta idraulica del sistema. La paratia di pali secanti risulta vincolata in sommità da un sistema di puntoni idraulici telescopici. All'interno degli scavi realizzati con l'ausilio delle suddette opere di imbocco saranno realizzate le opere definitive, che comprenderanno due gallerie artificiali policentriche, una galleria artificiale scatolare e una trincea costituita da muri a "U" collegati in sommità alle paratie di pali secanti. Il tracciato stradale all'uscita del tratto in trincea raggiunge il piano di superficie e prosegue innalzandosi progressivamente, dapprima in rilevato, poi in viadotto.

Il viadotto dello svincolo Madre di Dio si compone di due vie di corsa indipendenti; ogni via di corsa è costituita da un impalcato in continuità con luce delle campate tra 20 e 28,5 m, fondate su pile e spalle in c.a. con fondazione su pali. L'impalcato del viadotto si compone di una struttura a piastra ortotropa in carpenteria metallica costituita da 2 travi principali di altezza pari a 1.50m (Rampa Ovest) e 1.25m (Rampa Est), interasse 4 m, traversi a passo 3 m, piastra superiore di spessore 20 mm, canalette di sp. 7 mm, altezza 30 cm ed interasse 50 cm. Sono documentate nel progetto tutte le verifiche dell'impalcato, sia locale (carichi localizzati sulle canalette) che globali (verifiche del graticcio di impalcato costituito da 1. Travi principali composte dai piatti d'anima, dalla piattabanda inferiore e dalla porzione di piastra collaborante superiore, comprensiva di irrigidimenti longitudinali, 2. Traversi a collegamento delle travi costituiti da dai piatti d'anima, dalla piattabanda inferiore e dalla porzione di piastra collaborante superiore). L'analisi è stata condotta mediante un modello FEM ad elementi beam. In accordo con la relazione geotecnica, per il calcolo delle azioni sismiche sulle strutture del viadotto sono stati considerati i seguenti parametri: Vita Nominale VN = 50 anni, Classe d'uso III e per la definizione dello spettro sismico Categoria del suolo C, Cat. Topografica T1. Sono riportate nel progetto tutte le verifiche necessarie per attestare il corretto dimensionamento dell'opera.

Si chiede ai progettisti di chiarire i motivi per cui sia stata scelta una **vita nominale** nella progettazione dei tunnel di 50 anni, non idonea per una struttura di tale rilevanza che non prevede la possibilità di condurre ispezioni che consentano di monitorare lo stato di degrado nei decenni futuri. Tale assunzione ha ricadute sia nella definizione dell'azione sismica di progetto (nei paragrafi delle relazioni di calcolo sono riscontrati anche alcuni refusi) ma soprattutto nelle prescrizioni nei riguardi della durabilità delle opere (ad esempio nella scelta dei copriferri delle armature), non adeguatamente documentate nelle relazioni

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

Si prende atto delle considerazioni della Commissione sugli aspetti strutturali, che non richiedono integrazioni al progetto.

Quanto alla vita nominale scelta per il Tunnel Subportuale, la $V_n=50$ è normalmente adottata per tutte le opere autostradali, anche le più complesse (ad es. Variante di Valico o Gronda di Genova).

Tale scelta è corroborata dal parere del CSLPP prot. 95/09 del 08.07.2009 che risponde in termini positivi proprio ad un quesito dell'ANAS in merito "alla correttezza della scelta di assumere Vita Nominale pari a 50 anni per la progettazione sismica degli interventi ricadenti nell'ambito della rete autostradale e stradale".

=== O === O ===

Gestione e bilancio delle materie

La realizzazione del tunnel sub-portuale comporterà ovviamente la produzione di materiale da scavo.

Nella relazione generale viene indicato che "da una stima effettuata tenendo in considerazione le lavorazioni che subirà il materiale nelle fasi di scavo e successiva ricollocazione, il volume da ricollocare ammonta a circa 2.425.000 m³." Il progetto inoltre prevede il riutilizzo per opere da realizzare nel territorio, in particolare: a. Tunnel Sub-portuale di Genova-riutilizzo nell'ambito del progetto - Capacità: circa 218.000 m³ per il riempimento dell'arco rovescio dello scavo sotterraneo; - Altre collocazioni per riempimenti e riprofilature nell'ambito del progetto: circa 120.000 m³. b. Riempimento dei cassoni della nuova diga foranea del Porto di Genova - Capacità dei cassoni - Fase 1: circa 600.000 m³; - Capacità dei cassoni - Fase 2: circa 600.000 m³. c. Rimodellazioni e riempimenti nell'ambito del progetto del Tunnel della Val Fontanabuona - Capacità: circa 250.000 m³; d. Tombamento della Calata Bengasi - Capacità della colmata: circa 780.000 m³, per un totale complessivo di circa 2.568.000 m³ di capacità disponibile.

*Al riguardo la Sezione rileva che seppur la capacità disponibile è superiore al volume da riallocare, per le sole materie che non sarà possibile riutilizzare in tempi coerenti (vedi le tempistiche di realizzazione del riempimento dei cassoni della nuova diga foranea piuttosto che calata Bengasi) e/o per le caratteristiche degli stessi, **vanno individuati ulteriori possibili usi esterni e/o i potenziali siti per il conferimento a discarica**, anche al fine dei conteggi economici correlati, oltre che per le valutazioni relative alle tratte stradali interessate dagli itinerari dei mezzi di trasporto delle materie verso tali siti e ai correlati impatti sulla viabilità, con riferimento al prevedibile degrado delle pavimentazioni stradali, alla reale disponibilità dei volumi necessari nei siti individuati ed alle alternative eventualmente da valutare, in caso di ulteriori fabbisogni.*

*La Sezione rileva inoltre che, in relazione alla concorrenza di più soggetti nella realizzazione del quadro generale delle opere nel nodo di Genova, ed in particolare in corrispondenza dell'area portuale (vedi Nodo di San Benigno, la nuova diga foranea del porto, il progetto del waterfront, l'ospedale Galliera, etc.), considerando che la realizzazione del tunnel sub-portuale comporterà, come accennato, la produzione di notevoli volumi di materiale da scavo, **si richiama l'attenzione sui cronoprogrammi** e sulla gestione delle successive fasi di progetto ed esecutiva, **per conseguire il pieno rispetto della programmazione per il completamento di tutte le opere, non solo di quelle previste dal progetto in esame, anche al fine di evitare situazioni che possano pregiudicare la piena funzionalità dell'area portuale.***

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

Il progetto ha individuato una capacità disponibile superiore al volume da riallocare ma è stato osservato che, in virtù delle possibili variazioni temporali e programmatiche tra i diversi interventi, questa disponibilità possa non essere sufficiente e possa quindi richiedere l'individuazione di ulteriori siti di destinazione esterni e/o impianti per il conferimento a rifiuto, sia per una corretta valutazione economica, sia per un'adeguata considerazione delle interferenze e degli impatti sulle viabilità.

Sulle disponibilità e quantità dei materiali da scavo, si precisa che il volume, pari a circa 1.200.000 mc complessivi, destinati al riempimento dei cassoni per la realizzazione della diga foranea, risulta essere una modesta quota parte delle quantità di materiale necessario alla nuova opera nel Porto di Genova. La realizzazione della Nuova Diga Foranea prevede infatti un fabbisogno di notevoli quantità di materiale lapideo (circa 10.189.000 mc per la fase A e circa 3.218.000 mc per la fase B). Solo una parte di questa quantità è coperta da riutilizzi "interni" (circa 6.155.000 mc complessivi, recuperati dalle attività di demolizioni e salpamenti): il progetto della diga richiede quindi fonti di approvvigionamento esterno dei materiali (circa 7.252.000 mc) che, in massima parte, sono state individuati sostanzialmente in cave dislocate nell'area tirrenica del Nord/Centro Italia. Il progetto del Tunnel subportuale, anche in conformità alla normativa vigente in tema ambientale, che richiede l'individuazione della specifica destinazione d'uso richiesta (rif art 109 e Parte IV del DLgs 152/06, DPR 120/2017), ha specificato la sola voce relativa al riempimento dei cassoni, limitandosi pertanto ad un quantitativo circa equivalente alla disponibilità presunta (circa 664.000 mc per la fase A e 602.000 mc per la fase B). I due interventi (Diga e Tunnel) sono quindi strettamente in sinergia, per cui si ritiene plausibile di potere estendere le disponibilità su altre capienze della Diga Foranea, contenendo quindi la richiesta di approvvigionamento da cave esterne.

Quanto alle nuove disponibilità da individuare, si segnala l'inserimento in progetto del Parco della Lanterna. La zona, posta dall'area di cantiere di San Benigno verso il promontorio della Lanterna, sarà riqualificata attraverso la creazione di un rimodellamento morfologico progettato da RPBW (Renzo Piano Building Workshop) ed inserito nel Masterplan di riqualificazione urbana del Comune di Genova. La realizzazione del Parco della Lanterna, prevista nelle fasi finali del progetto del Tunnel, permette di riutilizzare all'interno dell'opera circa 185.000 mc rispetto ai circa 31.000 mc previsti inizialmente nelle sistemazioni finali della zona di imbocco. La realizzazione di questo intervento risulta significativa per il territorio interessato e di quello circostante, per la riqualificazione di Sampierdarena, del nodo di San Benigno e del promontorio stesso della Lanterna.

E' stata inoltre effettuata una ricerca sul territorio della disponibilità di impianti di cava e di gestione rifiuti, esplicitata negli elaborati della cantierizzazione. Il progetto, sulla base di questo censimento e delle quantificazioni emerse, ha considerato nel quadro economico le voci relative di spesa. Si fa infatti presente che il QE elaborato considera una certa quantità di materiali gestita a rifiuto, che comunque è contenuta, per l'applicazione dei criteri di recupero e di sostenibilità ambientale previsti in progetto sui volumi da scavo e demolizione. Le quote avviate a discarica sono riferite in particolar modo a specifiche parti demolite (rif strip out edifici) non recuperabili, o porzione di scavi da smaltire per caratteristiche tecnico-ambientali potenzialmente non idonee.

Come si evince dallo stesso bilancio dei materiali e dai siti di riutilizzo indicati, si evidenzia che il progetto del Tunnel ha individuato i siti di recapito (calata Bengasi e nuova diga foranea) nello stesso ambito portuale in cui vengono realizzati i principali interventi, sinergie secondo criteri di sostenibilità ambientale, nell'ottica di soddisfare le necessità proposte dal Territorio. Ciò ha permesso sin da subito di sottolineare il potenziale beneficio da un punto di vista ambientale individuando nella massima parte il riutilizzo in opera e negli interventi proposti dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, riducendo, per quanto possibile, gli impatti esterni sia sulle componenti ambientali sia sulle viabilità esterne interferite. In generale, infatti, l'uso delle viabilità stradale è

quella interna portuale, come si evince dagli elaborati della cantierizzazione, evidenziando che la quasi totalità dei materiali prodotti è in uscita dall'area di cantiere di San Benigno e che sono gestiti quasi interamente negli interventi portuali limitrofi, al netto dei riutilizzi in arco rovescio, ma sempre interni all'opera.

Inoltre, negli altri ambiti (zona S Madre di Dio e di Brigate Partigiane) sono previste quantità estremamente ridotte di materiali prodotti, che saranno movimentate principalmente per brevi tratti e comunque tendenzialmente lungo viabilità portuali interne.

Solo per il sito esterno posto nella Val Fontanabuona, con il riutilizzo di 250.000 mc, è prevista l'interferenza diretta con la viabilità esterna, anche se estremamente limitata, considerando l'arco temporale di intervento. Il materiale destinato nel rimodellamento lungo l'A12 sarà trasportato utilizzando principalmente il tratto autostradale, con l'accesso presso il casello di Genova Ovest posto in prossimità dell'area di cantiere dell'imbocco di San Benigno.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- INDIVIDUAZIONE DISCARICHE – codice elab. = T0887-LL01-FT-GD-PGT-GE000-00000-D-GEN-1100-00
- INDIVIDUAZIONE CAVE – codice elab. = T0887-LL01-FT-GD-PGT-GE000-00000-D-GEN-1101-00
- AREE DI CANTIERE, VIABILITA', CAVE E DEPOSITI - codice elab. = T0887-LL01-FT-CN-ACN-PL000-00000-D-SPL-0002-00

=== O === O ===

Interferenze

Premesso che si riscontra una mescolanza in termini di attribuzione degli elaborati e i relativi paragrafi, in quanto non si rileva una corrispondenza biunivoca tra il titolo del paragrafo e i relativi elaborati, si segnala, in particolare, che le tavole relative al piano particellare di esproprio, la relazione espropri, etc. risultano essere catalogate nell'ambito degli elaborati delle Interferenze ed invece le planimetrie di censimento delle interferenze, le planimetrie di risoluzione, la relazione descrittiva, etc. risultano essere presenti nell'ambito degli Espropri.

Nell'ambito del progetto la problematica del censimento delle interferenze si pone, in particolare sia per l'individuazione di una serie di sottoservizi principalmente tecnologici e sia per l'interferenza con la strada sopraelevata portuale.

Nel progetto sono stati individuati più gruppi di interferenza con le reti (tratti esistenti, in dismissione e in risoluzione) relativi ad: - approvvigionamento idrico (acquedotto); - raccolta e smaltimento acque reflue (fognature comunali e collettori consortili); - trasporto e distribuzione energia elettrica (alta e altissima tensione, media e bassa tensione per utenze private e Pubblica Illuminazione); - trasporto e distribuzione gas (gasdotti alta pressione, gasdotti media e bassa pressione per utenze private); - telecomunicazione e relativi cablaggi (telefonia su cavo, telefonia mobile, fibre ottiche); - Altro, impianti particolari (semafori, tutor, ecc.).

La tematica – di rilievo anche economico vista la quantificazione in 6,8 milioni di € indicata nel Quadro tecnico economico - è trattata nella Relazione Generale. Risulta, inoltre, presente una relazione di dettaglio e degli elaborati grafici recanti le planimetrie dei sottoservizi in scala.

In particolare, si segnala che l'interferenza che presenta l'incidenza più alta del costo è la nuova polifora contenete 9 cavi per una lunghezza di 380 m, per un costo di circa 2 milioni di €.

Si evidenzia che il tema della risoluzione delle interferenze riveste un carattere prioritario e strategico, sia per la corretta realizzazione dell'intervento, sia per garantire il rispetto dei tempi di cantierizzazione stabiliti, con riferimento alle diverse reti (elettrica, acqua, fognaria, gas, telecomunicazioni, etc.) interferenti-interferite, anche e soprattutto vista la particolarità del progetto della galleria sub-portuale.

La Sezione, pertanto segnala innanzitutto la necessità che gli elaborati siano correttamente catalogati per una più facile lettura dell'intero progetto.

*Si sottolinea, infine, la **necessità di avviare ulteriori confronti con i gestori delle reti e delle infrastrutture interferite**, prima dell'esperimento delle procedure di affidamento, al fine di accertare con completezza le possibili interferenze e di concertare le modalità e gli interventi necessari, per la risoluzione delle relative problematiche, soprattutto stante la particolarità dell'opera in progetto ed il contesto urbano interessato.*

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

Pur risultando inseriti nel paragrafo corretto, è vero che la numerazione non progressiva attribuita agli elaborati di Interferenze ed Espropri potrebbe ingenerare confusione e per questo motivo si è proceduto ad inserirli in due paragrafi distinti, con i codici "ESP" per gli Espropri e "INT" per le Interferenze.

Con riferimento poi all'attenzione da porre sul tema interferenze, si conferma come il progettista abbia avviato già da questa fase opportuni tavoli con gli Enti interferiti che, in alcuni casi, hanno già fornito il supporto per le fasi di rilievo strumentale dei loro impianti. Le risultanze di queste attività, unite al materiale cartografico reperito presso i Gestori, hanno permesso infatti la redazione di oltre 300 schede di dettaglio degli impianti da dismettere, proteggere e deviare (oltre a quelli per i quali non si rende necessario nessun accorgimento in quanto non interferenti con le opere).

Sarà comunque cura del progettista procedere con le attività in campo, al fine di completare il quadro dei sovra e sottoservizi interferenti, anche al fine di concordare le più idonee risoluzioni con gli Enti, oltre a individuare nel dettaglio importi ed eventuali servitù necessarie al riposizionamento delle condotte/polifere.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- ESPROPRI - RELAZIONE ESPROPRI – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-ESP-00000-00000-R-ESC-0015-00
- ESPROPRI - PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO - SAN BENIGNO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-ESP-00000-00000-D-ESC-0002-00
- ESPROPRI - ELENCO DITTE - SAN BENIGNO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-ESP-00000-00000-T-ESC-0001-00
- ESPROPRI - PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO - TUNNEL SUBPORTUALE - TAV 1/2 – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-ESP-00000-00000-D-ESC-0011-00
- ESPROPRI - PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO - TUNNEL SUBPORTUALE - TAV 2/2 – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-ESP-00000-00000-D-ESC-0012-00
- ESPROPRI - ELENCO DITTE-TUNNEL SUBPORTUALE – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-ESP-00000-00000-T-ESC-0010-00

- ESPROPRI - PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO - SVINCOLO MADRE DI DIO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-ESP-00000-00000-D-ESC-0014-00
- ESPROPRI - ELENCO DITTE - SVINCOLO MADRE DI DIO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-ESP-00000-00000-T-ESC-0013-00
- ESPROPRI - RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE INTERFERENZE TECNOLOGICHE – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-R-ESC-0003-00
- INTERFERENZE - PLANIMETRIA DI CENSIMENTO DELLE INTERFERENZE AMBITO SAN BENIGNO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-D-ESC-0004-00
- INTERFERENZE - PLANIMETRIA DI CENSIMENTO DELLE INTERFERENZE AMBITO MADRE DI DIO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-D-ESC-0005-00
- INTERFERENZE - PLANIMETRIA DI CENSIMENTO DELLE INTERFERENZE AMBITO BRIGATE PARTIGIANE – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-D-ESC-0006-00
- INTERFERENZE - PLANIMETRIA DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE AMBITO SAN BENIGNO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-D-ESC-0007-00
- INTERFERENZE - PLANIMETRIA DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE AMBITO MADRE DI DIO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-D-ESC-0008-00
- INTERFERENZE - PLANIMETRIA DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE AMBITO BRIGATE PARTIGIANE – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-D-ESC-0009-00
- INTERFERENZE - SCHEDE DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE AMBITO SAN BENIGNO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-S-ESC-0100-00
- INTERFERENZE - SCHEDE DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE AMBITO MADRE DI DIO – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-S-ESC-0101-00
- INTERFERENZE - SCHEDE DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE AMBITO BRIGATE PARTIGIANE – codice elab. = T0887-LL01-PD-SD-INT-00000-00000-S-ESC-0102-00

=== O === O ===

Espropri

Gli interventi ricadono all'interno di area demaniale soggetta in alcuni casi ad esproprio, in altri, ad occupazione temporanea, nella maggior parte dei casi di competenza dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, in altri del Comune di Genova e del Consorzio Autonomo del Porto di Genova, e per taluni (tre particelle), la ditta catastale e la proprietà reale fa riferimento al Demanio Pubblico dello Stato – Ramo Mercantile.

Per quanto riguarda le aree sono previste le seguenti suddivisioni in superfici: - da espropriare edificabili (art. 37 d.p.r. Del 8/06/2001 n. 327), con potenzialità legali ed effettive di edificazione, sulla base delle risultanze urbanistiche di previsione del piano regolatore comunale; - da espropriare edificate (art. 38 d.p.r. Del 8/06/2001 n. 327); - da espropriare classificabili non edificabili standard; - interessate da asservimento di galleria, sulle quali viene imposta una servitù permanente inerenti alle gallerie la cui perforazione viene eseguita o con TBM e rivestimento con conci prefabbricati o con lo scavo in naturale; - da occupare temporaneamente non preordinate all'espropriazione, per gli impianti di cantiere dove necessario al fine di una più sicura condotta dei lavori; - da occupare in modo permanente o temporaneo di proprietà di enti pubblici o demaniali.

Anche in questo caso si rilevano problemi di organizzazione degli elaborati. A riguardo mancano alcune tavole relative al piano particellare di esproprio relativo al tunnel.

Dalle conclusioni della "Relazione sugli Espropri", sulla base della perizia della spesa contenuta a sua volta nel paragrafo della stessa relazione "Stima degli oneri di esproprio", risulta che l'importo

*complessivo necessario per le espropriazioni, asservimenti e occupazioni temporanee per le lavorazioni è pari a circa 55,7 milioni di € per il tunnel, 21,9 milioni di € per svincolo Madre di Dio, 1,2 milioni di €, per zona S. Benigno (imbocco ovest), per un totale di circa 78,8 milioni di €. Nelle Somme a disposizione del quadro economico risulta invece un importo pari a circa 83,2 milioni di € (al netto dell'IVA). Al riguardo la Sezione rileva la **necessità di correggere già nel presente livello progettuale le suddette incogruenze.***

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

Le tavole del piano particellare “mancanti” sono relative al tratto di attraversamento “a mare” del tracciato: abbiamo ritenuto che per le aree dove non si prevede una trasformazione o il sorgere di un vincolo reale (asservimento) non si renda necessario rappresentare con delle tavole aggiuntive il solo tracciato del tunnel subportuale sul fondo di mappa catastale. Sono invece presenti negli elaborati tutte le aree che sono oggetto di occupazione permanente, temporaneo o di asservimento per galleria.

Quanto alle incongruenze economiche, confermiamo che il quadro economico dell’iniziativa risultava corretto, si trattava di un refuso presente nella Relazione Espropri.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- QUADRO ECONOMICO – codice elab. = T0887-LL00-FT-DG-CMS-EC000-00000-R-CCP-0001-00
- RELAZIONE GENERALE – codice elab. = T0887-LL00-FT-DG-GEN-00000-00000-R-GEN-0002-01
- RELAZIONE ESPROPRI – codice elab. = T0887-LL00-FT-SD-ESP-00000-00000-R-ESC-0015-00

=== O === O ===

Cantierizzazione e cronoprogramma lavori

*Data l'estensione dell'intervento il progetto prevede più aree di cantiere: 1. Il nodo di San Benigno, ove è prevista la dismissione della linea ferroviaria portuale, la realizzazione delle paratie e il montaggio e l'immissione della TBM per la canna nord; comprendente: 2. lo svincolo di “Madre di Dio”, posizionato all'interno dell'area portuale nei pressi del Varco “Giano”, dove sarà realizzata la parte terminale delle due gallerie di raccordo con il centro cittadino, la posa del viadotto di collegamento e la modifica dei fornici passanti al di sotto di Corso Quadrio; 3. l'imbocco Est, localizzato presso l'area della foce, su Viale Brigate Partigiane e Corso Aurelio Saffi, dove verrà realizzato il pozzo per l'estrazione della TBM e l'imbocco al tunnel di levante; 4. opere a mare con riempimento della calata Bengasi; In relazione alla compresenza di più opere da realizzare in corrispondenza dell'area portuale (vedi Nodo di San Benigno, la nuova diga foranea del porto, il progetto del waterfront, l'ospedale Galliera, etc.), considerando che la realizzazione del tunnel subportuale comporterà la produzione di notevole materiale da scavo, si ribadisce la **necessità di una specifica attenzione nei cronoprogrammi e nella gestione delle successive fasi di progetto ed esecutiva, per conseguire il pieno rispetto della programmazione per il completamento di tutte le opere, prevedendo soluzioni che non pregiudichino la piena funzionalità dell'area portuale.***

*Al riguardo la Sezione raccomanda che, è necessario effettuare **approfondimenti in merito all'impatto dei flussi dei mezzi di cantiere sulla rete stradale, autostradale e ferroviaria***

interferita, per valutare gli effetti in termini di riduzione della qualità della circolazione e della sicurezza, e sull'ambiente, per valutare gli effetti in termini di emissione di rumore e polveri, considerando anche la compatibilità delle infrastrutture, sia in termini di transitabilità sulle opere d'arte esistenti sia in termini di danni arrecati alle pavimentazioni stradali.

Per una gestione ottimale delle cantierizzazioni previste sulle tratte caratterizzate dai maggiori flussi di traffico, si evidenzia l'opportunità di elaborare, nell'ambito del progetto, anche percorsi viabilistici alternativi, da sottoporre alla valutazione degli uffici competenti.

La previsione per l'esecuzione dei lavori è circa 70 mesi.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

In relazione alla compresenza di più opere da realizzare in corrispondenza dell'area portuale, lo Studio di Impatto Ambientale ha effettuato una valutazione degli impatti cumulati attesi. Sono stati pertanto individuati gli interventi previsti in fase di realizzazione nei dintorni dell'opera a progetto, con relative tempistiche:

- nuova diga foranea
- nuova torre Piloti
- Waterfront di levante
- ampliamento Ponte dei Mille Levante del Terminal crociere
- riqualificazione collegamento ferroviario dal terminale Bettolo/PSA SECH al Parco Campasso (galleria Molo Nuovo)
- nuovo accosto Calata Oli Minerali
- consolidamento statico e potenziamento delle dotazioni di banchina del porto storico e terminal passeggeri
- ammodernamento parco ferroviario Fuori Muro
- potenziamento della security dei varchi portuali
- dragaggi bacino di Genova Sampierdarena e porto passeggeri
- ammodernamento e prolungamento parco ferroviario Rugna

Si precisa che per tutti i progetti individuati la sovrapposizione delle attività di cantiere con quello del tunnel subportuale termina entro il primo semestre del 2025; fa eccezione il progetto della Nuova Diga Foranea per il quale è importante (e positiva) la sovrapposizione nelle tempistiche. In particolare – per i diversi ambiti interessati dal progetto – risulta la seguente situazione:

- nodo di San Benigno (imbocco Ovest):
 - Viabilità sopraelevata portuale in previsione in zona S. Benigno e Adeguamento e potenziamento del nodo viario di San Benigno finalizzato al collegamento con la viabilità urbana, portuale di Lungomare Canepa e con il casello di Genova ovest: progetti sinergici. Tali progetti sono già in fase di realizzazione da parte di Autostrade per l'Italia S.p.A. e saranno gestiti in modo da non interferire con i lavori del tunnel subportuale in fase di cantiere.
 - Riqualificazione collegamento ferroviario dai terminal Bettolo / PSA SECH al Parco Campasso (galleria di Molo Nuovo): progetto compatibile. Si stima un impatto cumulato non significativo.
 - Consolidamento statico e potenziamento delle dotazioni di banchina del porto storico e terminal passeggeri: progetto compatibile. Si stima un impatto cumulato non significativo.

- Ammodernamento parco ferroviario Fuori Muro: nessuna interferenza. Non si prevedono interazioni tra i due cantieri
- Potenziamento della security dei varchi portuali: nessuna interferenza. Non si prevedono interazioni tra i due cantieri
- Ammodernamento parco ferroviario Bettolo Rugna: nessuna interferenza. Non si prevedono interazioni tra i due cantieri
- svincolo “Madre di Dio”:
 - Ampliamento Ponte dei Mille Levante del terminal crociere: progetto compatibile. Si stima un impatto cumulato non significativo, in considerazione della non rilevanza degli impatti di ciascun progetto e della distanza fra i cantieri e l’urbanizzazione delle aree interposte
 - nuovo accosto Calata Olii Minerali: nessuna interferenza. L’intervento sarà completato prima dell’avvio delle attività di cantiere del Tunnel subportuale
 - Potenziamento della security dei varchi portuali: nessuna interferenza. Non si prevedono interazioni tra i due cantieri
 - Waterfront di Levante: progetto integrato. Il progetto del Tunnel subportuale è stato sviluppato assicurando l’armonizzazione con il progetto del Waterfront. Si precisa inoltre che il progetto del Waterfront di Levante è già in fase avanzata di realizzazione e la conclusione dell’opera è prevista entro la fine del 2023, mentre le attività di cantiere di Madre di Dio che potrebbero interessare le aree del Waterfront di Levante saranno realizzate a partire dal 2027.
- Viale Brigate Partigiane (imbocco Est):
 - Nuova Torre Piloti: nessuna interferenza. L’intervento sarà completato prima dell’avvio delle attività di cantiere del Tunnel subportuale
 - Waterfront di Levante: progetto integrato. Il progetto del Tunnel subportuale è stato sviluppato assicurando l’armonizzazione con il progetto del Waterfront.
- opere a mare:
 - Nuova diga foranea di Genova: progetto sinergico. Il progetto prevede per il riempimento dei cassoni l’utilizzo di materiali di risulta provenienti da altri progetti previsti o in corso di esecuzione nell’intorno del territorio genovese, quale appunto il tunnel subportuale
 - Dragaggi bacino di Genova Sampierdarena e porto passeggeri: nessuna interferenza. L’intervento sarà completato prima dell’avvio delle attività di cantiere del Tunnel subportuale

Per quanto riguarda il Nuovo Ospedale Galliera si precisa che non è possibile al momento indicare delle tempistiche realistiche per l’avvio delle attività di costruzione, in quanto l’aggiudicazione del bando di gara per la progettazione esecutiva del lotto 1, con scadenza a fine Luglio 2022, è stata bloccata dal Consiglio di Stato ad inizio Agosto a seguito della sentenza di primo grado del Tar Liguria del 4 Agosto 2021 che aveva bloccato la procedura per la mancanza della Valutazione Ambientale Strategica.

Sull’impatto dei flussi dei mezzi di cantiere sull’ambiente in termini di emissione di rumore e polveri, è stata effettuata una valutazione dei potenziali impatti associati a:

- emissioni di polveri in atmosfera da movimenti terra, traffico mezzi e costruzioni;
- emissioni sonore per utilizzo di mezzi e macchinari.

Per quanto riguarda la stima della quantità di particolato fine (PM10) sollevato in atmosfera durante le attività di cantiere (associate alle attività di scotico e sbancamento del materiale superficiale, alla movimentazione dei terreni di sistemazioni superficiali e all’erosione del vento) si è fatto riferimento alla metodologia “AP 42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13.2.2; Miscellaneous Sources – Aggregate

Handling And Storage Piles” (US-EPA, 2006). Nonostante non si prevedano potenziali criticità significative, sono comunque stati previsti cautelativamente alcuni accorgimenti operativi per limitare la diffusione delle polveri in atmosfera.

Per quanto riguarda la valutazione di impatto acustico, si sottolinea che il rumore di fondo presso i cantieri risulta fortemente influenzato dall’esercizio delle infrastrutture poste in prossimità ai ricettori e dal contesto fortemente urbanizzato e antropizzato, e tale da rendere in alcuni casi ininfluenti le emissioni acustiche generate dai macchinari di cantiere. Sono comunque previste delle mitigazioni acustiche, come ad esempio la barriera in prossimità del frantumatore nel cantiere dello Svincolo Madre di Dio e nel cantiere dell’Imbocco Est (Area Viale Brigate Partigiane).

Quanto all’impatto dei flussi dei mezzi di cantiere sulla rete stradale, si precisa che gli scavi provenienti dalla TBM del Tunnel – che costituiscono la parte predominante del movimento terre – arriveranno tutti all’imbocco di San Benigno (Ovest), tramite una condotta idraulica stesa progressivamente lungo la galleria scavata (il csd “slurrydotto”), che trasporta il materiale frantumato dalla testa fresante tramite un fluido di miscela bentonitica. Dall’imbocco Ovest lo slurrydotto corre in uno scatolare interrato sotto il sedime portuale (linea tratteggiata in marrone, nella figura) fino a raggiungere la calata Concenter, area di deposito temporaneo e di caratterizzazione degli scavi. Il materiale caratterizzato – se l’esito è positivo – verrà trasportato al sito di riutilizzo, con le seguenti modalità:

- a) il materiale destinato al riempimento dell’arco rovescio del Tunnel ed ai riempimenti e riprofilature nell’ambito del progetto => viene movimentato con autocarri, raggiungendo il cantiere di San Benigno tramite la viabilità di cantiere/portuale
- b) il materiale destinato alle rimodellazioni e riempimenti nell’ambito del progetto del Tunnel della Val Fontanabuona => viene movimentato con autocarri, raggiungendo l’autostrada dai varchi portuali Etiopia (casello di Genova Ovest) e Ponente (casello di Genova Aeroporto)
- c) il materiale destinato al riempimento dei cassoni della nuova diga foranea ed al tombamento della Calata Bengasi => viene movimentato via mare tramite bettoline, che ormeggeranno di fronte ai cassoni e saranno caricate da escavatori. In caso di emergenza (ad es. prolungate condizioni di non navigabilità del tratto di mare tra le calate), la movimentazione verso Bengasi sarà effettuata tramite autocarri, che comunque viaggeranno all’interno del Porto, impegnando esclusivamente la viabilità portuale.

Qualora la caratterizzazione di un cumulo dia invece esito negativo, il materiale dovrà essere smaltito in discarica speciale, con trasporto tramite autocarri.

Il percorso degli autocarri previsti ai punti a) e b) in generale non interferirà con il traffico cittadino, perché i caselli autostradali e l’imbocco San Benigno sono raggiungibili direttamente dalle viabilità interne al Porto, senza impegnare il reticolo stradale della città.

Le uniche quantità che necessitano effettivamente di uscire dal cantiere sono quelle legate al riutilizzo per il Tunnel della Val Fontanabuona, che generano una quantità di autocarri/gg praticamente trascurabile (circa n. 30/gg) in rapporto al lungo periodo di esecuzione degli scavi.

Oltre agli scavi meccanizzati provenienti dalla TBM, in uscita dall’imbocco di san Benigno, sono da considerarsi gli scavi “in tradizionale” dall’imbocco di Madre di Dio (86.000 mc) e dall’imbocco di Via Brigate Partigiane (circa 13.000 mc). Queste quantità verranno movimentate tramite autocarro, privilegiando l’utilizzo della viabilità portuale (dal varco di Levante di Via dei Pescatori e dal varco Calata Grazie, che non consentono però un collegamento completo, data l’interruzione nella zona

del Porto Antico). La destinazione è anche in questo caso la calata Concenter, dove il materiale verrà caratterizzato e destinato al riutilizzo finale.

Infine, sono previsti circa 290.000 mc sciolti provenienti dagli scavi per la realizzazione dell'imbocco Ovest di San Benigno. In questo caso gli spazi del cantiere consentono la caratterizzazione in sito, con l'opportunità di riutilizzarli per la prima fase del riempimento del Parco della Lanterna, limitando la movimentazione del materiale.

Al termine degli scavi il materiale di riempimento della calata Concenter verrà rimosso con escavatori e avviato ai siti di riutilizzo definitivo, sempre all'interno dell'ambito portuale, per il completamento del Parco della Lanterna.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE - – codice elab. = T0887-LL00-FT-DG-AMB-GE000-00000-R-AMB-0001-00
- PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO – codice elab. = T0887-LL01-FT-DG-PGT-GE000-00000-R-AMB-1000-00

=== O === O ===

Sicurezza dei lavoratori

Il progetto contiene l'elaborato "Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani della sicurezza". E' prevista la spesa di € 43.591.058,88 (all. XV D. Lgs. 81/08), al netto dei costi relativi all'adozione delle misure di contenimento della diffusione del COVID-19.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

Si prende atto delle considerazioni della Commissione sugli aspetti della Sicurezza, che non richiedono integrazioni al progetto.

=== O === O ===

Aspetti tecnico-economici

Il Quadro Economico dell'intervento presenta un costo d'investimento lordo di 697.409.349,60 di euro, di cui: - 546.229.307,48 € di lavorazioni (470.833.570,19 con un ribasso d'asta ipotizzato pari a 15%); - 43.591.058,88 € oneri per la sicurezza; - 226.575.779,41 € di somme a disposizione della stazione appaltante.

In particolare, l'importo di 226.575.779,41 € per somme a disposizione prevede tra le voci anche: 83.210.071,01 € per espropri, di cui una somma di 58.381.798,05 per la realizzazione del tunnel, oltre a 49.160.637,67 € per spese generali e 38.239.683,05 € per oneri vari (allacciamento rete elettrica, rallentamento ferroviario, ordigni bellici, monitoraggio geotecnico, interferometria e ambientale, oneri per Osservatorio ambientale, verifica interesse archeologico, misure COVID, interferenza strada sopraelevata).

La Sezione rileva inoltre che, nelle somme a disposizione del quadro economico, sono considerati: - oneri per adeguamento Ambito E, che la relazione generale indica come "lievi modifiche per alcune opere del costruendo Ambito E del Nodo di San Benigno". L'importo stimato per le attività risulta essere pari ad 5 milioni di €; - spese generali indicate da Autostrade per l'Italia in qualità di soggetto Attuatore, pari a circa 49 milioni di € corrispondente ad un'incidenza di circa 9%; - oneri per

interferenze con i sottoservizi di importo pari a 6,8 milioni di €, e con la sopraelevata esistente di importo pari a circa 5 milioni di €. Al riguardo, è necessario che le voci di spesa siano essere opportunamente dettagliate al fine di evitare duplicazioni.

=== O === O ===

RISPOSTA DEL PROPONENTE

Il quadro economico è stato revisionato e aggiornato per fornire gli opportuni dettagli. Quanto alla voce relativa alle “Spese Generali”, si tratta di una percentuale (9%) prevista dalla vigente Convenzione MIT/ASPI.

Per un miglior inquadramento della tematica possono essere consultati i seguenti elaborati del PFTE:

- QUADRO ECONOMICO – codice elab. = T0887-LL00-FT-DG-CMS-EC000-00000-R-CCP-0001-00
- RELAZIONE GENERALE – codice elab. = T0887-LL00-FT-DG-GEN-00000-00000-R-GEN-0002-01

=== O === O ===