

Bologna, 17, 18, 19 ottobre 2013

La realizzazione delle gallerie T8 e T8A nell'ambito del “Dubler Kurortnogo prospekta” a Sochi (Russia). Primi risultati dell'approccio ADECO-RS nella Federazione Russa

Giuseppe Lunardi ⁽¹⁾, Giovanna Cassani ⁽²⁾, Andrea Bellocchio ⁽³⁾

⁽¹⁾ Amministratore delegato - ROCKSOIL S.p.a. Milano

⁽²⁾ Direttore tecnico - ROCKSOIL S.p.a. Milano

⁽³⁾ Responsabile di progetto - ROCKSOIL S.p.a. Milano

ABSTRACT: I XXII Giochi olimpici invernali si svolgeranno a Sochi (Russia) dal 7 al 23 febbraio 2014. La decisione del Comitato Olimpico Internazionale di assegnare l'organizzazione delle Olimpiadi invernali del 2014 alla città di Sochi ha determinato la nascita di numerosi progetti infrastrutturali nell'area; il Governo russo ha previsto un budget record di 9 miliardi di euro per l'organizzazione dei Giochi di cui 3,2 miliardi destinati al sistema viario. La Federazione Russa sta operando per un rafforzamento sul fronte interno affrontando importanti sfide, quali quelle connesse alla pace sociale e ai processi di ammodernamento del sistema economico-produttivo nazionale. In tale contesto la Federazione Russa ha colto l'occasione per provare ed eventualmente adottare stabilmente le più recenti tecnologie esistenti, a livello internazionale, per gli scavi in sotterraneo. Per la similarità dei terreni di Sochi con quelli Appenninici il Governo russo ha optato di applicare sulle gallerie più lunghe e complesse della Tangenziale di Sochi l'approccio ADECO-RS. Attualmente le gallerie sono ancora in fase realizzativa e se ne prevede l'ultimazione nel mese di novembre 2013.

1 Introduzione

I XXII Giochi olimpici invernali si svolgeranno a Sochi, in Russia, nella Regione di Krasnodar, dal 7 al 23 febbraio 2014. La scelta della località è stata dettata dalle favorevoli condizioni climatiche che normalmente sono presenti nella zona nel mese di febbraio.

In particolare, le stazioni sciistiche saranno concentrate in località Krasnaja Poljana, a circa 45 km da Sochi, mentre il villaggio olimpico sarà ospitato dalla cittadina di Adler (28 km da Sochi).

La Federazione Russa ha stanziato importanti investimenti per colmare le carenze infrastrutturali della città ed ampliarne la rete di trasporti attraverso il potenziamento del sistema aeroportuale di collegamento con l'Europa e la costruzione di una serie di arterie stradali e ferroviarie che collegheranno le stazioni sciistiche di Krasnaja Poljana col villaggio olimpico di Adler e la città olimpica di Sochi.

Tra queste, particolarmente importante e strategica è la tangenziale di Sochi, detta anche "Strada Alternativa alla Kurortnyi", che correrà parallelamente alla costa del Mar Nero attraverso otto gallerie naturali a doppia canna, trincee, rilevati e ponti, per uno sviluppo complessivo di 16 chilometri; essa permetterà di raggiungere i diversi siti olimpici e l'aeroporto di Adler senza dover attraversare la città di Sochi, attualmente congestionata dal traffico pesante convogliato sull'unica strada esistente (fig.1)

La Federazione Russa ha colto l'occasione della realizzazione di queste importanti opere per provare ed eventualmente adottare stabilmente le più innovative e promettenti tecnologie esistenti, a livello mondiale, per gli scavi in sotterraneo. In tale ottica, considerate, da un lato l'esigenza di avere in esercizio le opere in tempi certi pur in un contesto molto complesso, dall'altro lato la somiglianza della geologia delle colline intorno a Sochi con quella degli Appennini italiani, ha accettato la proposta della ROCKSOIL S.p.A. di Milano di progettare e costruire le gallerie T8 e T8A, le più lunghe e complesse della tangenziale di Sochi, secondo i principi dell'approccio ADECO-RS, col quale già in Italia si erano costruite, nel pieno rispetto dei tempi e dei costi previsti, oltre 100 Km di gallerie per l'alta velocità/capacità ferroviaria tra Bologna e Firenze. A seguito di questa decisione, la Federazione Russa ha incaricato la stessa ROCKSOIL S.p.A. di

redigere il progetto definitivo (che in pratica corrisponde al nostro esecutivo) e poi quello costruttivo dando poi la necessaria assistenza tecnica in corso d'opera.

Nel seguito, dopo aver inquadrato il contesto geopolitico nel quale si stanno svolgendo i lavori, si illustreranno il progetto e le problematiche emerse durante la costruzione delle suddette gallerie, i cui lavori di scavo, al momento della stesura della presente nota, sono al 75% del totale. Le evidenze emerse, pur parziali, si possono perciò ritenere già sufficienti per un primo rapporto sull'andamento realizzativo di questa importante opera, che la Federazione Russa sta eseguendo in tempi molto ristretti e in un contesto molto complesso.



Figura 1 : La "Strada Alternativa alla Kurortnyi"

2 La Federazione Russa

Com'è noto, nel dicembre 1991 si scioglieva l'Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche (URSS) e poco dopo nasceva ufficialmente la Federazione Russa Indipendente. A distanza di oltre vent'anni da quegli eventi, cruciali non solo per i destini della Nazione russa, ma per il mondo intero e i suoi equilibri, la Federazione Russa sta operando per un rafforzamento sul fronte interno, affrontando importanti sfide, quali quelle connesse alla pace sociale e ai processi di ammodernamento del sistema economico-produttivo nazionale.

A tal fine, ha certamente un ruolo di rilievo la cooperazione con l'Europa, che è ben avviata e agisce tramite una serie d'accordi, meccanismi di consultazione e spazi di collaborazione, che vanno oltre i meri scambi economico-commerciali, che pure sono il perno del rapporto. Uno stretto coordinamento a livello di politica estera è infatti di grande aiuto per affrontare le nuove sfide e il quadro geopolitico in evoluzione. Nell'ambito delle relazioni russo-europee, grande importanza ha il rapporto privilegiato con l'Italia.

Soprattutto in questo periodo di crisi, il tema dell'export riveste un ruolo cruciale per il nostro Paese e a questo riguardo una delle Nazioni più promettenti è proprio la Russia. Il consolidarsi della sua economia e della partnership con l'Italia la pongono di diritto fra i Paesi che offrono vere opportunità per i nostri investimenti. Non ci si riferisce solo alle grandi multinazionali, già presenti nel Paese, ma agli imprenditori, in cerca di nuovi sbocchi per le loro attività e i loro prodotti.

La Russia, nona economia mondiale con un ceto medio in espansione e un grande fabbisogno infrastrutturale, rappresenta uno dei più importanti mercati di sbocco delle merci e degli investimenti italiani, reso ancor più promettente dall'ingresso di Mosca nell'OMC. In cambio, l'Italia acquista dalla Russia ingenti quantità di petrolio e gas, cruciali per far funzionare il nostro sistema produttivo. Italia e Russia vivono in un rapporto di simbiosi economica, palesata da cifre sempre crescenti d'interscambio commerciale, attualmente pari a circa 29 miliardi di euro annui.

3 Il sistema di trasporti terrestri della Federazione Russa

La Federazione Russa ha un'estensione di circa 17.075.200 km², una popolazione di circa 143 milioni di abitanti e una densità di circa 8,4 abitanti/Km², che rapportata alla media internazionale la pone al 179° posto su 193. Per un rapido raffronto, l'Italia ha un territorio di circa 301.340 km², una popolazione di circa 60,8 milioni di abitanti e una densità di circa 202 abitanti/km².

Il territorio della Russia è paragonabile a quello di Stati Uniti, Canada, Brasile e Cina messi insieme, l'infrastrutturazione del Paese ha quindi un'importanza prioritaria. Per questo il Governo russo ha predisposto un piano d'investimento infrastrutturale immenso, al fine di portare la rete stradale dei trasporti, attualmente assai carente (vedasi Tabella 1), ai massimi livelli internazionali. Oggi, infatti, la Russia ha una rete stradale paragonabile per estensione a quella dell'Italia, ma un territorio oltre 56 volte più esteso.

Tabella 1. La classifica dei primi dodici Paesi del mondo per infrastrutturazione stradale e ferroviaria

Paese	Rete stradale [km]	Paese	Rete Ferroviaria [km]
Stati Uniti	6 378 300	Stati Uniti	233 800
India	3 319 600	Russia	85 500
Cina	1 765 200	Canada	73 200
Brasile	1 724 900	India	63 100
Giappone	1 171.600	Cina	60 500
Canada	1 408 800	Germania	36 100
Francia	893 100	Argentina	34 200
Australia	811 600	Francia	29 300
Spagna	664 900	Messico	26 500
Russia	537 300	Sudafrica	22 700
Italia	479 700	Brasile	22 100
Regno Unito	371 900	Ucraina	22 100

4 La geografia del Caucaso

Sochi è ubicata alle pendici occidentali della Catena del Caucaso, un sistema montuoso che si allunga per circa 1100 – 1200 km tra il mar Nero e il mar Caspio, che è talvolta considerato il limite sud-orientale del continente europeo.

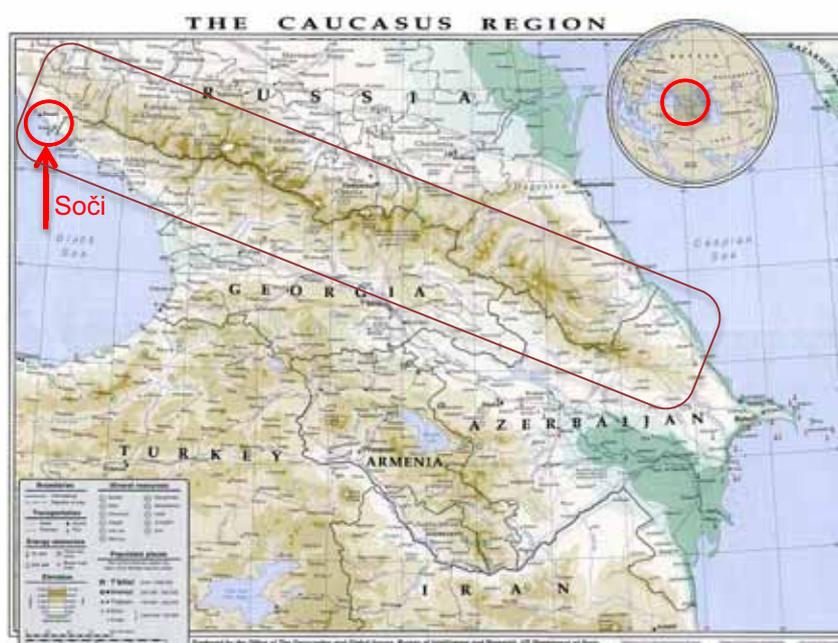


Figura 2 La regione caucasica

Essa si è formata come le nostre Alpi circa 25 milioni di anni fa, nel Terziario, a seguito della collisione tra la placca araba e quella euroasiatica. Ancora oggi è luogo di importanti terremoti.

Il sistema montuoso è in realtà costituito da due diverse catene, il Caucaso Maggiore e il Caucaso Minore, che corrono parallelamente tra loro separate dalle valli percorse dai fiumi Kura e Rioni, per infine congiungersi presso il Passo di Surami (949 m s.l.m.). Il Caucaso Maggiore si estende tra le città di Sochi e Baku e oggi segna il confine politico tra la Russia a nord e la Georgia e l'Azerbaijan a sud, il Caucaso Minore attraversa invece gli stati della Georgia, dell'Azerbaijan e dell'Armenia. Numerose le cime che superano i 5000 m, tra queste il monte Elbrus (5642 m), il Dykh Tau (5205 m), il Shkhara (5200 m), il Koshtan Tau (5144 m), il Janga (5051 m) e il Kazbek (5047 m).

5 Il progetto

La nuova tangenziale Sochi sarà costituita da due carreggiate separate con 2 corsie per senso di marcia, adeguate per una velocità di progetto di 120 km/h. La sua realizzazione, come si è già detto, comporta lo scavo di diverse gallerie. Tra queste, le gallerie T8 e T8A pongono le maggiori problematiche per l'estrema difficoltà del contesto geologico in cui si deve operare, ma anche per la lunghezza del tracciato sotterraneo (1550 m per la galleria T8 e 1523 m per la galleria T8A) e per le dimensioni delle sezioni di scavo, che variano da 120 m² a ben 220 m². All'uscita dall'imbocco nord, infatti, le gallerie diventano a 3 corsie per la presenza di un importante svincolo, prossimo all'imbocco, che collega la nuova viabilità con quella esistente. Inoltre, è prevista la realizzazione in galleria di 3 piazzole di sosta e l'adozione, per lunghe tratte del tracciato sotterraneo, di sezioni di scavo allargate onde garantire la visibilità in curva. La copertura sulla calotta delle gallerie raggiunge i 75 metri nel settore settentrionale (fig. 5), ma è mediamente bassa, in un contesto fortemente antropizzato.

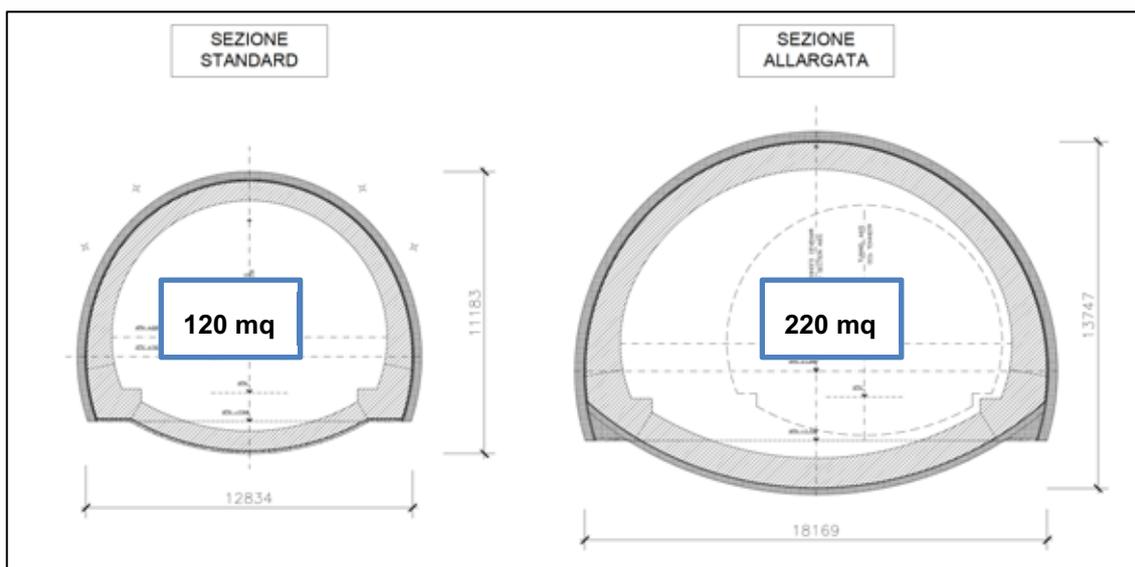


Figura 3 - Sagome stradali - 2 corsie / 3 corsie



Fig. 4: Sagoma Standard



Fig. 5: Sagoma allargata

5.1 La geologia e la geotecnica del tracciato delle gallerie T8 e T8A

Il tracciato di progetto delle gallerie T8 e T8A interessa una fascia collinare costiera, caratterizzata da morfologie dolci e costituita prevalentemente da bassi rilievi con ricca vegetazione. Questo settore costiero costituisce parte della scarpata meridionale del Caucaso Maggiore ed è tagliato da numerosi fiumi e gole. Il carattere distintivo del paesaggio collinare è riconducibile all'elevata dinamicità geomorfologica, essendo il risultato di diversi fattori che interagiscono tra loro: l'attuale regime di sollevamento dell'area, i conseguenti rapidi e importanti processi esogeni di denudamento e, non ultimi, i fattori climatici tipici di questa zona costiera.

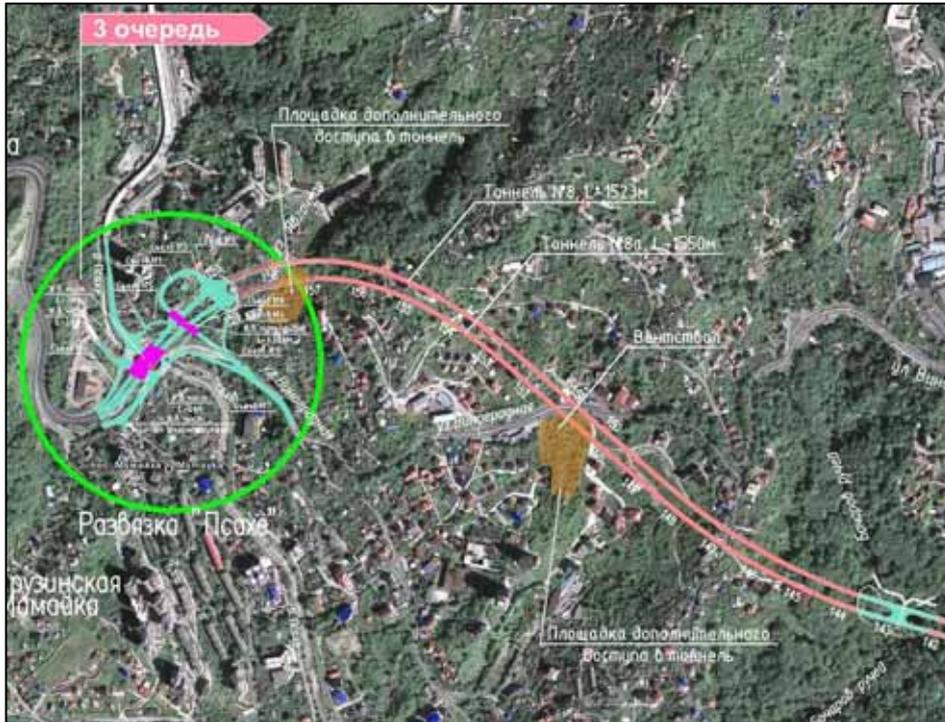


Figura 4 –Aerofotogrammetria della zona

Le formazioni geologiche presenti sono principalmente due: la “Sochi formation” e la “Mamai formation”. Entrambe appartengono alle unità flyschoidi del margine meridionale della catena principale del Caucaso Maggiore.

La *Sochi formation* è quella prevalente lungo il tracciato delle gallerie, dall’imbocco Sud fino a tutta la zona intermedia (colore verde in fig. 5). È costituita da argilliti e siltiti argillose grigio scuro, scarsamente litoidi, fissili, con rari e sottili livelli di arenarie; le argilliti si presentano frequentemente laminate. Tipica caratteristica delle argilliti di Sochi è la rapida alterabilità e sensibilità al contatto con l’acqua.

La *Mamai formation* è presente solo in alcune zone della parte settentrionale delle gallerie (colore marrone fig. 5) ed è costituita da alternanze di siltiti, marne e subordinati livelli di arenarie fini grigie e grigio-verdi; sono presenti anche locali livelli argillitici grigio-azzurri a struttura scagliosa.

Dal punto di vista tettonico, l’area di progetto ricade nella struttura sismogenetica del Caucaso Maggiore, che è costituita da una lunga cintura di faglie più o meno continue, disposte lungo un allineamento sub parallelo alla costa del Mar Nero (NW-SE) e caratterizzate da una direzione di estensione NNE-SSW (fasce rosse in fig. 5).

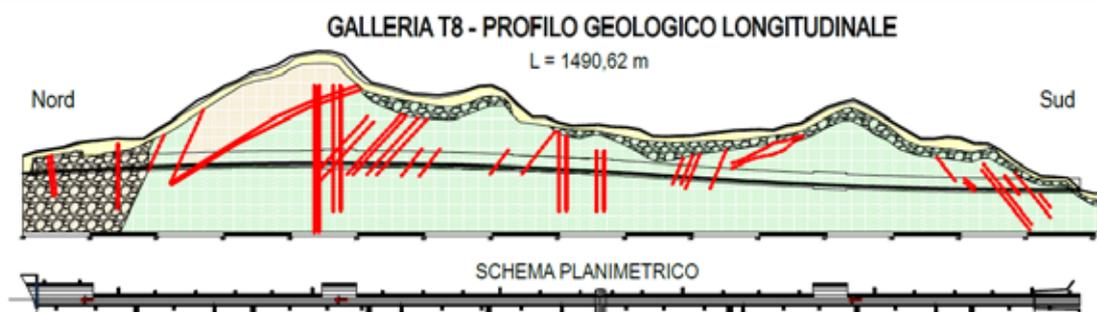


Figura 5: Profilo geologico in asse alla galleria T8 (in rosso le zone di faglia)

In generale, i processi geologici esogeni (colate di fango, frane, ecc) ed endogeni (sismicità) sono molto influenti sul territorio della regione; l'analisi del contesto sismotettonico e delle dinamiche di sviluppo di tali pericolosi processi geologici ha richiesto una particolare attenzione durante la fase progettuale. Lungo il tracciato delle gallerie sono state individuate diverse zone di faglia, generalmente caratterizzate da strette fasce di intensa fratturazione; molto evidenti anche gli effetti della tettonica plicativa, con ampie pieghe che localmente determinano verticalizzazioni nell'assetto della Sochi formation. Un importante contatto tettonico, disposto circa E-W, che porta la Mamai formation a sovrascorrere sopra la Sochi formation, interessa il tracciato delle gallerie per circa 250 m non lontano dall'imbocco nord (fig. 5).

Entrambe le formazioni sono diffusamente coperte da coltri eluvio-colluviali con spessori molto variabili: da pochi metri all'imbocco sud fino a 10-15 m nella tratta centrale e presso l'imbocco nord. Queste coltri, che interessano direttamente gli scavi nelle zone di imbocco e nelle tratte con più ridotta copertura, sono caratterizzate da porzioni detritiche rimaneggiate, messe in posto da cinematiche gravitative e dall'alterazione della massa terrigena sottostante, di natura limo-argillosa, le cui caratteristiche geotecniche risultano estremamente scadenti.

Nel territorio interessato dallo scavo delle gallerie e in particolare presso l'imbocco nord, sono presenti alcune aree soggette a movimenti di frana attiva che coinvolgono volumi rilevanti di terreno e porzioni dell'ammasso roccioso sottostante. Le intense precipitazioni, che caratterizzano l'area soprattutto in autunno, favoriscono la saturazione dei terreni e la distribuzione complessa delle pressioni interstiziali tra le diverse litologie, contraddistinte tutte da permeabilità scarsa, dando facilmente luogo all'innesco o alla riattivazione di fenomeni franosi.

5.2 Gli imbocchi e l'accesso intermedio al tunnel

La mancanza di sufficienti aree di esproprio in corrispondenza degli imbocchi nord e sud, a causa di una sottovalutazione delle necessità da parte degli organismi competenti, ha causato un ritardo nella partenza dei lavori di circa un anno. Per tale motivo, in accordo col Cliente, è stato deciso di inserire un accesso intermedio con innesti sulle gallerie localizzati al di sotto della Strada Federale sovrastante. Prendendo atto che questa era l'unica tecnologia al momento praticabile in Russia, gli imbocchi delle stesse sono stati realizzati mediante paratie di pali di grande diametro in c.a., opportunamente contrastati con interventi di tirantatura e/o puntatura (figure: 6, 7, 8).



Figura 6 – Imbocco Sud



Figura 7: Accesso intermedio



Figura 8: Imbocco Nord

5.3 Le sezioni tipo applicate

Lo studio di diagnosi dei tunnel T8 e T8a, sviluppato secondo l'approccio ADECO – RS, aveva permesso di prevedere che gli scavi si sarebbero dovuti realizzare, lungo tutto il tracciato sotterraneo, in condizioni prevalenti di nucleo-fronte stabile a breve termine o instabile (categorie di comportamento tenso-deformativo “B” e “C”). Di conseguenza, in fase di terapia si è progettato un avanzamento sempre a piena sezione, mediante l'adozione di sezioni tipo adeguatamente dimensionate con i necessari interventi protettivi e/o di rinforzo del nucleo-fronte e la realizzazione del getto delle murette e dell'arco rovescio vicino al fronte di scavo. In particolare, presso l'imbocco nord in frana, al fine di limitare al massimo le deformazioni si è progettata la sezione tipo C2W, dotata di puntone in arco rovescio. In figura 9 sono riportate le principali sezioni tipo previste dal progetto; per le sezioni tipo C, oltre al trattamento di rinforzo del nucleo-fronte mediante armature di vetroresina, è evidenziato il trattamento al contorno dello stesso, mediante iniezioni da armature di vetroresina dotate di valvole a manchettes. Per i pochi tratti in galleria che non richiedevano il sistematico trattamento del nucleo-fronte, data la presenza di significative spinte orizzontali d'ammasso, si è infine ritenuto necessario portare il getto sistematico dei rivestimenti di seconda fase in prossimità del fronte di scavo.

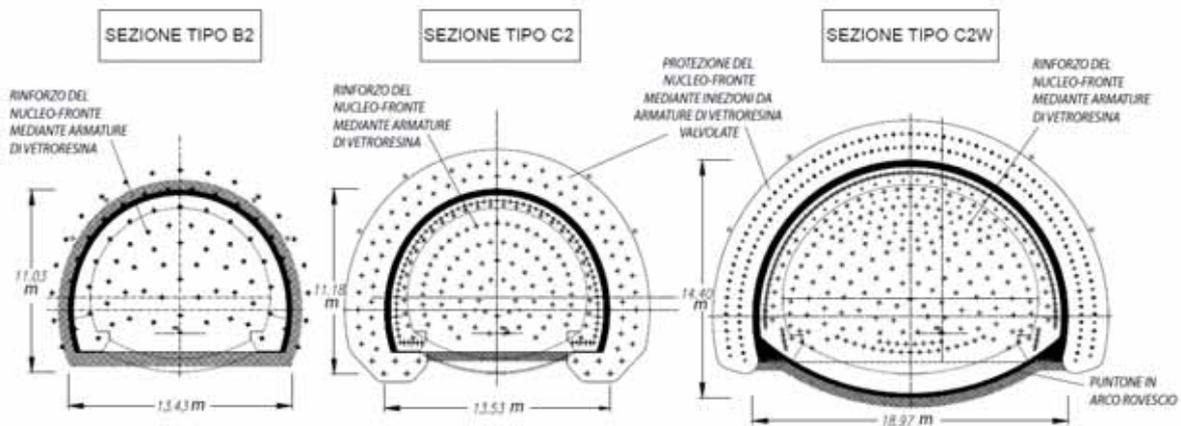


Figura 9 - Sezioni tipo applicate

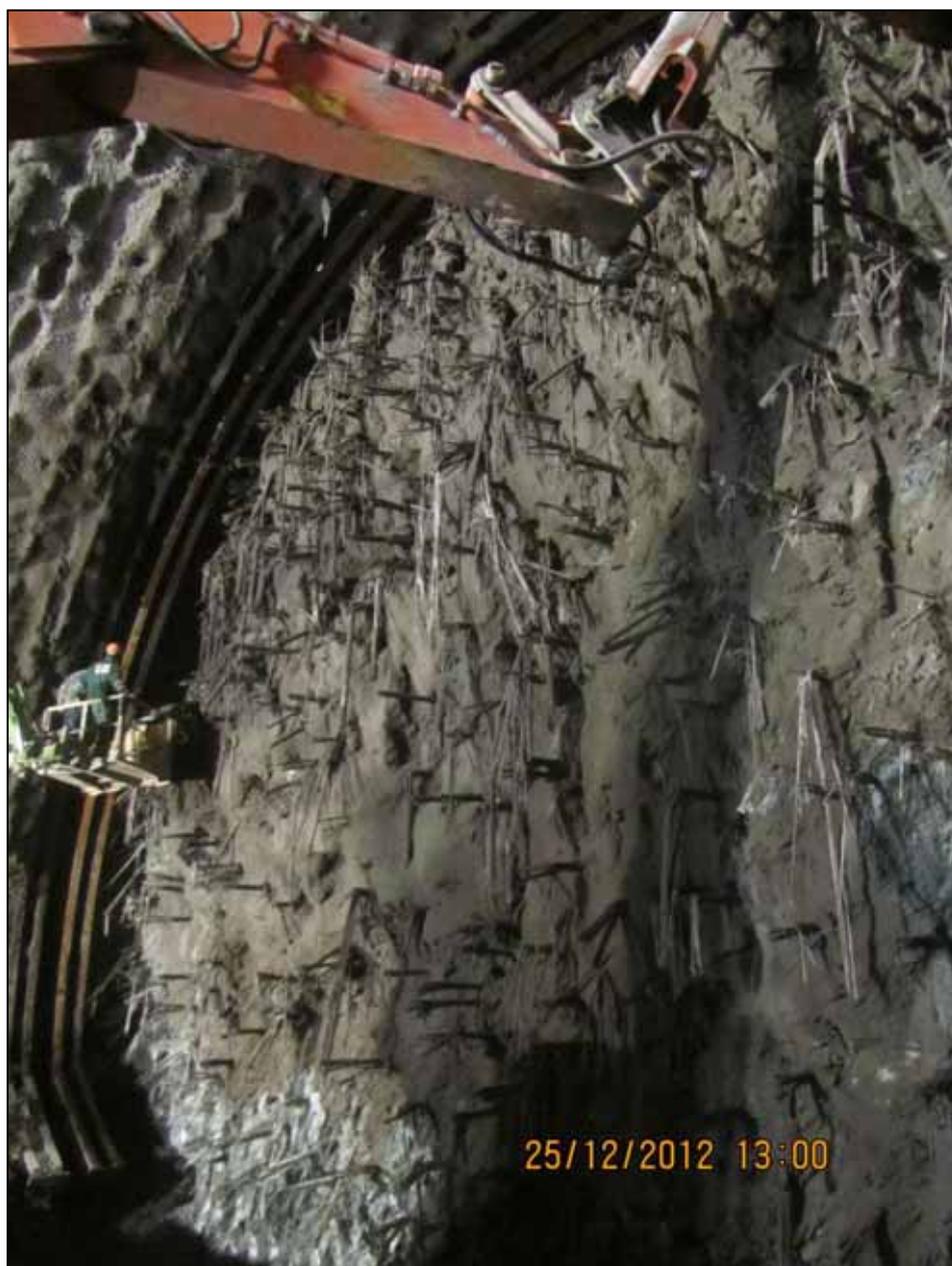


Figura 10 – Fronte della galleria T8A - Imbocco nord in zona di frana – Depositi di versante

5.4 Le fasi approvative dei progetti in Russia e la gestione degli stessi in corso d'opera

Le fasi approvative della documentazione progettuale in Russia seguono pressochè lo stesso iter italiano ma con sostanziali differenze di approccio. Il progetto "definitivo", secondo le norme Russe, deve seguire una procedura approvativa da parte di un ente statale definito "Expertise", che blinda di fatto il progetto nei costi e nelle soluzioni. Tale questione può avere impatti negativi enormi sulla gestione degli scavi in sotterraneo, in quanto, come ben noto agli esperti del settore, i cambiamenti geologici, geotecnici, idrogeologici possono essere frequenti e non sono sempre prevedibili. Nel caso in esame, se si considera che gli studi geologici sui quali si era basato il progetto definitivo non avevano seguito gli standard di qualità e approfondimento internazionali, si può ben immaginare l'alto grado d'incertezza del progetto "expertise" per quanto riguarda il tracciato sotterraneo.

L'approccio ADECO-RS, proprio per come è concepito ha permesso di superare molte di queste problematiche; infatti, attraverso la misura sistematica e combinata di estrusioni e convergenze e l'interpretazione dei dati di misura in tempo quasi reale, si è potuto di ottenere il perfetto controllo della risposta tenso-deformativa del terreno allo scavo adattando nel miglior modo possibile, nell'ambito

delle soluzioni già previste dal progetto, la tecnica di scavo alle condizioni incontrate. Il risultato è stato possibile anche grazie al valido supporto delle Amministrazioni Locali, quali la Chernomorje (Federal Road Agency's Directorate for construction and reconstruction of motor roads of the Black Sea coast) e la Rosavtodor (Agenzia Federale delle Strade), che hanno consentito per quanto possibile di modificare le rigide e complesse procedure russe per adattarle alle caratteristiche dell'approccio ADECO-RS, molto diverse da quelle del NATM alle quali in Russia si è da tempo abituati.

Quest'adattamento normativo è assai delicato e complesso poiché coinvolge molti aspetti di carattere ingegneristico, contrattuale ed economico ed è tuttora in fase di studio. Lo sviluppo di un apparato normativo più adatto ai recenti sviluppi progettuali e realizzativi permetterà di ottimizzare le scelte progettuali durante lo scavo, in funzione della reale risposta tenso-deformativa dell'ammasso e dell'opera in costruzione.

5.5 La questione degli espropri e dei fabbricati abusivi

Un aspetto molto delicato, che come si è già accennato ha indotto importanti ritardi sull'inizio dei lavori, è stata la mancanza delle aree di esproprio in corrispondenza degli imbocchi nord e sud; l'esecuzione dell'accesso intermedio ha permesso di recuperare in parte i ritardi accumulati, ma ha costretto l'impresa esecutrice (TRANSTROY) ad un grande dispendio di energie e risorse per la gestione di 8 fronti in contemporanea, con un impiego di macchinari notevolmente maggiore di quello inizialmente previsto.

Il tema di macchinari è stato un altro aspetto problematico, dato che in Russia non erano disponibili macchine come i posizionatori, indispensabili per l'esecuzione dei trattamenti al fronte di scavo previsti dall'approccio ADECO-RS, né c'erano operai in grado di utilizzarli, per cui si è dovuto procedere alle necessarie acquisizioni e all'addestramento, che ha richiesto tempo e pazienza.

Altra questione che ha creato seri problemi è stata quella dell'abusivismo edilizio nella città di Sochi. Durante il mese di aprile 2013 sono stati censiti oltre 800 fabbricati abusivi costruiti, purtroppo, anche in zone di frana quiescente o attiva; la perturbazione degli equilibri idrogeologici e statici dei versanti intagliati da questi fabbricati ha avuto serie conseguenze su diverse opere fra cui anche i tunnel T8 e T8a. In molti casi, infatti, le gallerie hanno dovuto sottopassare fabbricati, anche di importanti dimensioni, con decine di pali interferenti con le sezioni di scavo. Presso l'accesso intermedio, ad esempio, è stata intercettata la fondazione profonda di un fabbricato abusivo, ancora non censito, realizzata con pali parzialmente in ghiaia in un paleoalveo in zona di frana; ciò ha comportato un ingresso di materiale in galleria e la distorsione del fabbricato soprastante.

5.6 Le produzioni

In sede di progettazione definitiva sono state definite le tempistiche realizzative in base a:

- esperienze pregresse di lavori in contesti simili;
- tempi di *start up* per l'acquisizione dei macchinari adeguati;
- tempo di acquisizione del *know how* necessario e conseguenti produzioni ridotte per un periodo pari ad almeno 6 mesi;
- difficoltà logistiche per il trasporto fino al cantiere dei materiali da costruzione, dei macchinari e dei necessari ricambi;
- contesto socio-culturale.

Alcuni di questi aspetti sono di difficile valutazione in quanto legati a fattori difficilmente quantificabili. Ad esempio, gli enormi investimenti impegnati per la realizzazione delle opere di Sochi hanno portato a una richiesta e concentrazione di materie prime di incredibile entità. Nella fase iniziale il sistema viario e ferroviario non erano in grado di supportare l'enorme movimentazione di materiali; le condizioni meteoriche invernali rendevano difficoltoso l'arrivo delle navi in porto rendendo inefficiente anche il trasporto via mare. Anche se le amministrazioni progressivamente nel tempo hanno assicurato tutte le necessità primarie, ciò ha indubbiamente creato significative difficoltà per l'efficiente applicazione di un sistema ad elevata industrializzazione quale l'ADECO-RS.

Ciononostante, al momento della stesura della presente memoria lo stato attuale dei lavori delle gallerie T8 e T8a è al 75% e la fine degli scavi è prevista per fine novembre 2013.

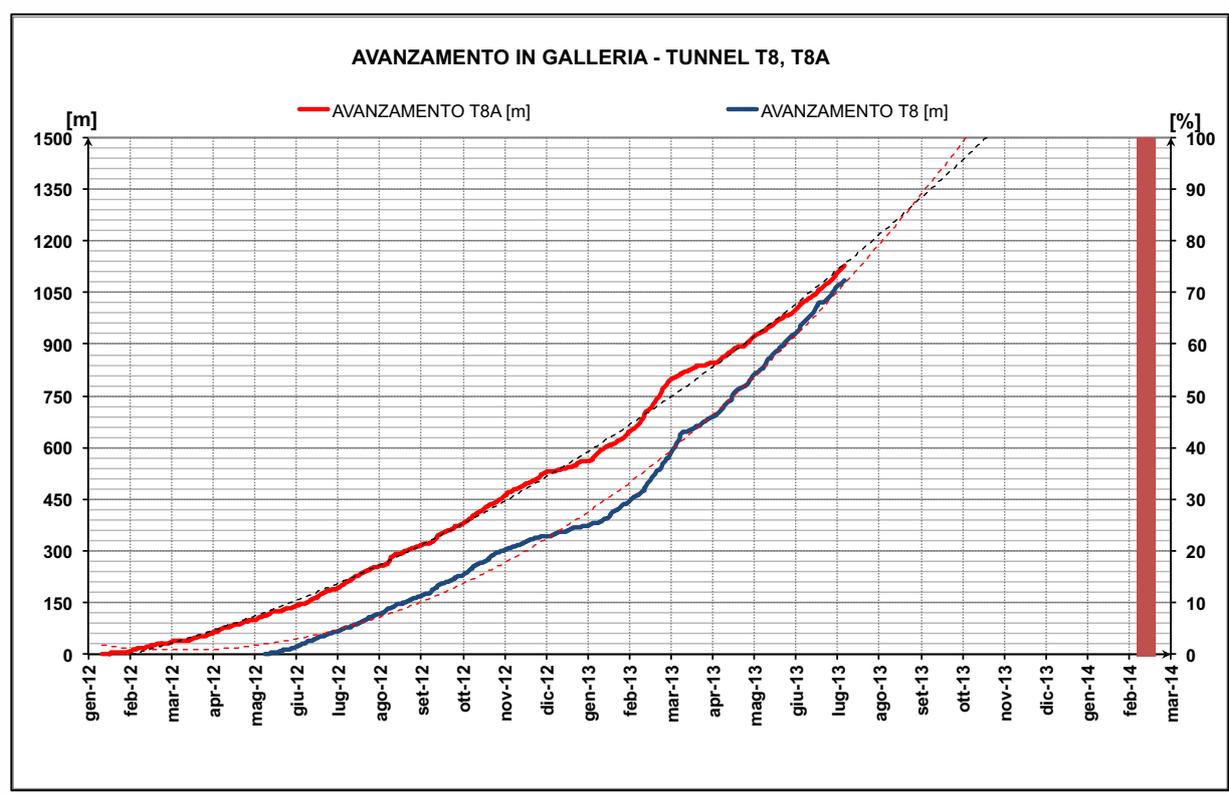


Figura 11 – Produzioni ottenute nello scavo delle gallerie T8 e T8a

Complessivamente il progetto prevede le seguenti tempistiche: 18 mesi per lo scavo della galleria T8 (1550 m), 22 mesi per lo scavo della galleria T8A (1523 m). Le due gallerie, infatti, differiscono nella lunghezza della tratta a tre corsie, situata peraltro in zona di frana: per la galleria T8 tale tratta è lunga 85 metri mentre per la galleria T8A la stessa è pari a circa 170 metri. Le produzioni nella zona di frana, nonostante la difficoltà geologica e a fronte delle importanti sezioni di scavo, si sono mantenute pressochè costanti e dell'ordine di circa 20 metri mese per entrambe le gallerie; per le altre tratte i valori sono compresi fra i 40 ed 90 metri mese per singolo fronte di scavo.

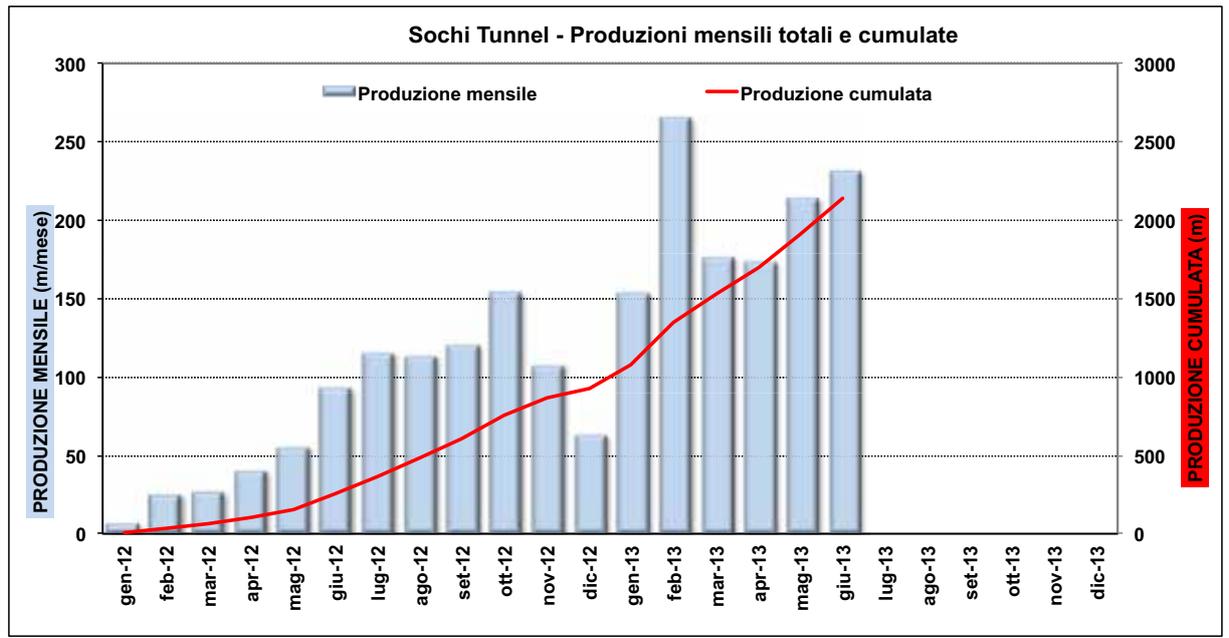


Figura 12

La produttività degli scavi ha subito un generale incremento nel tempo (fig.12); tale fatto è legato sia all'attacco progressivo degli 8 fronti di scavo, ma anche all'acquisizione, da parte dell'impresa Transtroy, di crescente dimestichezza con l'approccio ADECO-RS.

6 Monitoraggio del tunnel – primi risultati

Di seguito è rappresentata la distribuzione dei valori di convergenza e di cedimento misurati dal sistema di monitoraggio installato. I dati sono parziali ma comunque rappresentativi del comportamento deformativo delle argille di Sochi, per coperture comprese tra qualche metro fino a 70 metri e sezioni di scavo comprese fra 120 e 220 m².

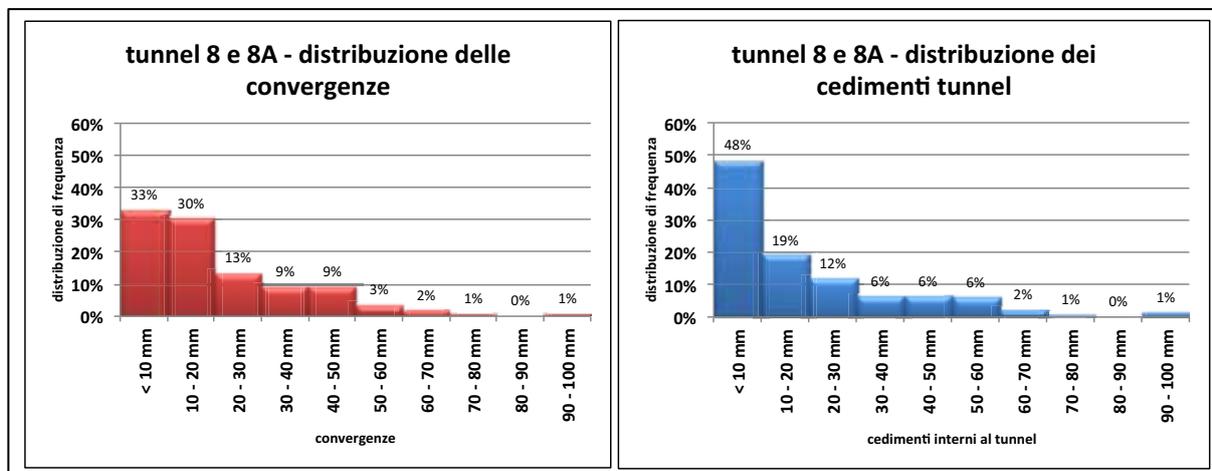


Figura 13 – Deformazioni interne alle gallerie T8 e T8A - Distribuzione delle frequenze

L'utilizzo sistematico dell'approccio ADECO-RS ha permesso di contenere circa il 75% delle deformazioni al di sotto di 30 mm e circa il 97% al di sotto dei 60 mm. Per il conseguimento di tali risultati è stato necessario uno stretto controllo delle fasi costruttive e degli interventi di precontenimento e contenimento del nucleo-fronte e del cavo.

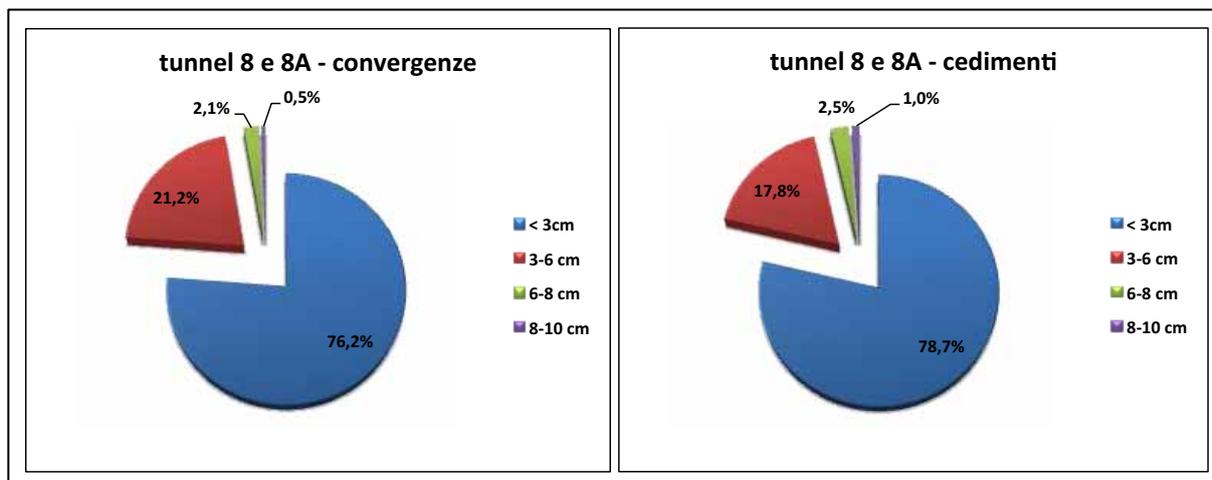


Figura 14 – Deformazioni interne alle gallerie T8 e T8A

7 Conclusioni

La prima applicazione dell'approccio ADECO-RS in Russia evidenzia risultati positivi in termini di produzione e sicurezza negli scavi. La Russia è un paese con radicate tradizioni nell'utilizzo del NATM, ma le Amministrazioni Federali stanno seguendo ormai da anni una logica di profonda innovazione tecnologica per quanto riguarda tutti gli aspetti industriali e di produzione. In tale ambito si è inserito l'approccio ADECO-RS, la cui capacità scavare con tempi e costi certi anche nelle situazioni più difficili sta suscitando un interesse crescente da parte di amministrazioni e imprese di costruzione.

La strada da percorrere per l'introduzione stabile dell'approccio è chiaramente ancora lunga e dovrà necessariamente passare attraverso una serie di fasi che in Italia hanno richiesto molti anni.

Questa prima esperienza nella Federazione Russa, al di là dei naturali problemi normativi e logistici, culturali e di lingua, sta evidenziando una notevole capacità apprendimento del popolo russo che fa ben sperare nell'introduzione del metodo in tempi anche inferiori di quelli che furono necessari in Italia.

8 Bibliografia

Tiberio Graziani (2012). Vent'anni di Russia. Rivista Geopolitica

Aleksandr V.(2012). La cooperazione tra la Russia e l'Unione Europea

Natalija A. Narochnickaja (2012). Il nuovo ordine mondiale ed il rapporto russo-europeo

Eleonora Ambrosi (2012). Investimenti destinazione Russia

Mahdi Darius Nazemroaya e Nailya Okda (2012). La Russia e l'integrazione post-sovietica: dalla CSI all'Unione Eurasiatica

Konstantin Romanov, CFA (2012). Russian infrastructure sector: huge investments are expected -

Russian infrastructure sector: huge investments are expected - Konstantin Romanov, CFA, Senior analyst

Pietro Lunardi (2008), Design and construction of tunnels: Analysis of Controlled Deformations in Rock and Soils (ADECO-RS)