

Piccole opere con grandi potenzialità

# Adeguamento gallerie sulla linea Adriatica

FABRIZIO BONOMO

La linea ferroviaria Adriatica, da Ancona a Lecce (oltre 500 chilometri), realizzata fra il 1862 e il 1866 come prolungamento della Bologna-Ancona (204 chilometri, aperti nel 1861), a sua volta collegata, dal 1859, alla rete che porta verso Milano e Torino, rappresenta la prima vera infrastruttura di comunicazione veloce tra il Meridione e il

Il raddoppio in corso della galleria Cattolica, e l'allargamento già ultimato della galleria Castellano, necessari per ampliarne la sagoma e consentire il passaggio dell'Autostrada ferroviaria e dei grandi container marittimi, riguarda opere relativamente modeste in termini di dimensioni, perchè si tratta di gallerie a singolo binario lunghe poco più di un chilometro e con una sezione di circa 80 metri quadrati, ma si distinguono sia per l'importanza

che rivestono per la trasformazione della linea Adriatica nell'asse portante del trasporto merci da nord a sud, sia per la particolarità degli scavi, che avvengono in spazi operativi molto stretti, con basse coperture e interferenze con altre lavorazioni e strutture

miscela cementizia in pressione  
e volume controllato.



profilo di scavo futura galleria

DELLE CENTINE:  
di in VTR valvolati  
lvola ogni 0.50m)  
miscela cementizia  
volume controllato.

centro-nord Italia (nel 1866 le ferrovie sul versante tirrenico si fermavano a Eboli) e quindi uno degli elementi strutturali che hanno fatto l'Italia unitaria.

Ma l'Adriatica ottocentesca è anche e soprattutto l'asse portante del progetto ambizioso di fare del porto di Brindisi (e poi Otranto, raggiunta nel 1872), la porta d'Oriente dell'Europa.

In particolare il progetto guarda all'Inghilterra e al flusso di merci e persone da e per il suo impero coloniale in Estremo Oriente, che dal 1869 prende la via del canale di Suez, accorciando notevolmente le distanze e i tempi di viaggio, e due anni dopo il traforo del Frejus, aperto nel 1871, che di fatto consente di utilizzare il corridoio ferroviario diretto Inghilterra-Brindisi, in alternativa alla nave.

Oggi, questa direttrice è l'elemento cardine di un'altro progetto ambizioso a scala internazionale, cioè il rilancio del trasporto delle merci su ferro lungo un corridoio che dai porti del Meridione – primo fra tutti Gioia Tauro – porta ai valichi alpini e da qui al nord Europa, intercettando la grande rotta transoceanica che dall'Estremo Oriente attraversa lo stretto di Suez e il Mediterraneo e si dirige poi verso i porti del nord Europa e da qui agli Stati Uniti.

Questa rotta ha il suo baricentro naturale nel Mediterraneo ed è coperta da un flusso continuo di enormi navi giramondo, in grado di trasportare 5/6 mila



container (con punte di 8 o 11 mila container), parte dei quali possono essere scaricati proprio nei porti italiani, se adeguatamente infrastrutturati, con un risparmio di costi e tempo.

Addirittura c'è chi ipotizza la trasformazione della Sicilia in una grande piattaforma logistica di livello continentale, ovviamente se e quando sarà realizzato il ponte sullo Stretto di Messina e, appunto, adeguata la linea Adriatica, oggi quasi interamente raddoppiata ma con ancora alcuni punti critici per il passaggio dei grandi container marittimi, in particolare i cosiddetti "High cube", lunghi e larghi come i normali container di lunghezza doppia (lunghi 12,2 metri e larghi 2,44), ma leggermente più alti (2,9 metri contro i 2,6 tradizionali) che si stanno via via diffondendo nei trasporti via nave perchè permettono di ridurre i costi di trasporto, grazie a un 12 per cento di volume in più, anche se la merce trasportata deve essere voluminosa ma non pesante.

## Piccole opere con grandi potenzialità

Di fatto, se lo sviluppo della rete ferroviaria italiana negli ultimi anni ha coinciso, nell'immaginario collettivo, con le nuove linee AV, esistono altre direttrici fondamentali sulle quali si sta lavorando, molto meno conosciute al grande pubblico ma essenziali per il Paese.

Sull'Adriatica sono in corso lavori di potenziamento da almeno dieci anni, per un investimento complessivo di circa 1,6 miliardi di euro che ha portato al sostanziale raddoppio della linea fino a Taranto (tranne nel tratto fra Termoli e Lesina), compresa la bretella merci che permette di superare il nodo di Bari.

Da Taranto a Gioia Tauro il raddoppio è in parte ancora sulla carta (ma esistono percorsi alternativi) ma, fatto molto più importante, è in corso di realizzazione la bretella merci nel nodo di Taranto, che dal 2010 eviterà il transito nella stazione del capoluogo.

In questo quadro si inseriscono tre interventi in galleria, di dimensioni limitate ma non per questo meno impegnativi, per superare gli ultimi punti critici.

Si tratta della galleria di Ortona, che non ha problemi di dimensioni ma verso Termoli è a semplice binario e necessita quindi di una seconda canna, e le due strozzature della galleria Castellano, a sud di Ancona, e della galleria Cattolica, tra Pesaro e Gradara; la prima da allargare mentre la seconda è ampia e a dop-



Particolari dei lavori di allargamento della galleria Castellano e della costruzione del suo imbocco sud



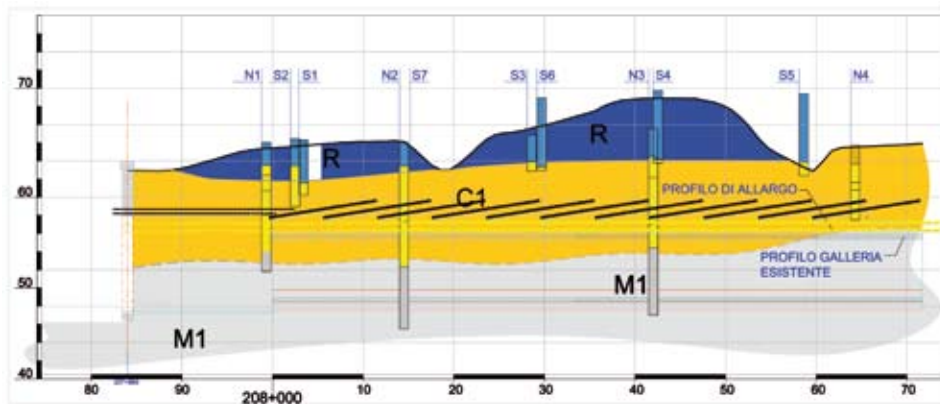
Schema del profilo geologico della galleria Castellano in corrispondenza della discarica scoperta durante i lavori e delle modalità di consolidamento adottate per proseguire con gli scavi e allo stesso tempo impermeabilizzare la volta

pio binario ma non ha la sagoma adeguata per il passaggio due treni container (lo sarebbe se fosse a binario singolo), ed è quindi necessario scavare una seconda galleria parallela all'esistente.

L'adeguamento della galleria Castellano è stato completato nel maggio 2008, con un investimento di circa 50 milioni di euro, mentre è in corso lo scavo della seconda galleria Cattolica, per un costo stimato di 33 milioni di euro e fine lavori previsto per il 2011; quanto alla galleria di Ortona, lunga 500 metri su un tratto complessivo di 1,5 chilometri, il cantiere è aperto da più di un anno e dovrebbe essere completata entro due anni, per un costo stimato di circa 20 milioni di euro.

### Una questione di Gabarit

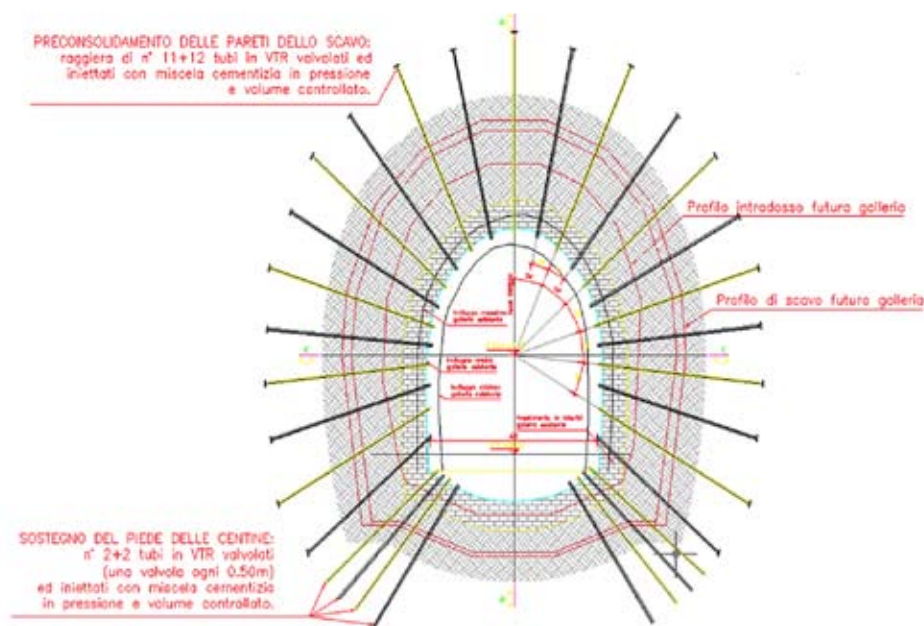
I lavori sulle tre gallerie del tratto marchigiano-abruzzese puntano a creare gallerie a singolo binario con una dimensione interna corrispondente a quella fissata a livello internazionale (dall'Uic, Union International Chemin de Fer) per la rete fondamentale europea, denominata Gabarit C. In particolare, l'ampliamento fa riferimento al gabarit (o sagoma) massimo entro la quale deve essere contenuta la sezione trasversale dei mezzi codificati come PC80 – dove P identifica i treni con carri (Poche) a piano ribassato o a tasca per il trasporto di semirimorchi, le cosiddette Autostrade viaggianti, e C i carri per il trasporto di casse mobili e container – cioè casse mobili sino a 2,55 di larghezza e Autostrade viaggianti (camion su treno) alte 4,43 metri dal piano di rotolamento, con TIR fino a 4 metri di altezza. La sagoma minima per i container "high cube" è quella identificata con il codice PC45 – precisa Luciano Frittelli, Direttore della Direzione compartimentale infrastruttura di Ancona – che rientra sempre nel Gabarit C ed è quella standard per



l'Adriatica: la Castellano e la Cattolica, così come quella nuova di Ortona, sono progettate già per una sagoma limite PC80, ma le vecchie gallerie lungo il tracciato hanno una sagoma PC45 e questo determina la codifica dell'intera linea, almeno per ora.

Complessivamente, le gallerie di nuova costruzione, o gli allargamenti come quello della Castellano, hanno una sezione di scavo di circa 80 metri quadrati, che al netto del rivestimento porta a una galleria dalla larghezza massima di 6,88 metri e un'altezza massima di 8,53 metri, dalla volta superiore alla base dell'arco rovescio.

Sezione tipo di preconsolidamento e presostegno della galleria Castellano



### L'allargamento della galleria Castellano

I lavori alla galleria Castellano, lunga 1.568 metri, effettuati fra il dicembre 2005 e l'aprile 2008, sono un tipico esempio di allargamento in sede che utilizza la galleria e come foro pilota: un'opera realizzata a metà Ottocento, con un rivestimento composto generalmente da muratura di mattoni (bolognini), con una sezione a ferro di cavallo con larghezza interna di circa 4,10 metri.

La galleria aveva una sagoma ferroviaria appena sufficiente – ricorda Luciano Frittelli – ma soprattutto diversi problemi dovuti al terreno: è stata scavata in argille compatte che sono aumentate di volume per effetto di infiltrazioni d'acqua o modifiche della parte superiore della collina, combinate all'ossigeno, causando defor-

mazioni significative a livello di struttura, con l'innalzamento dell'arco rovescio e il restringimento della galleria in molti punti.

Già fra 2000 e 2001, le criticità crescenti hanno portato a interventi di profilatura e placcaggio, alla riduzione della velocità dei treni da 90 a 60 chilometri l'ora e al posizionamento di mire trasversali da verificare ogni settimana, per individuare eventuali deformazioni incompatibili con il traffico merci.

Quindi non si è trattato solo di un allargamento per ottenere il Gabarit C, ma un vero e proprio riassetto strutturale, effettuato chiudendo al traffico la galleria e dirottando i treni sull'altra galleria della linea, la Vallemiano, anch'essa a semplice binario ma di nuova costruzione, lunga 4.200 metri e adeguata al gabarit C.

### Modalità di scavo

L'intervento, progettato da Italferr, prevede un allargamento di circa 270 centimetri per ogni lato e il rifacimento completo dell'arco rovescio per la parte di galleria naturale, lunga circa 1.100 metri, e la realizzazione di una galleria artificiale a sud, di circa 406 metri, e di un'altra a nord, di circa 50 metri, oltre a due portali

a becco di flauto, lunghi 17,4 metri ciascuno.

L'avanzamento, che comprende la demolizione del rivestimento esistente, il successivo scavo di allargo e il rifacimento di tutti gli elementi strutturali, inizia con chiodature radiali di consolidamento, con tubi vtr valvolati lunghi 7 metri: circa 11/12 elementi, distribuiti a raggiera lungo tutto l'arco di calotta e dei piedritti, iniettati con miscela cementizie in pressione.

Segue poi la demolizione del rivestimento e lo scavo di allargo, compreso l'arco rovescio, effettuato con martellone associato a un braccio escavatore, procedendo per campi successivi di 1/1,5 metri di profondità, e poi la posa immediata delle centine, compresa quella al contorno, l'impermeabilizzazione e infine la posa del rivestimento definitivo, in calcestruzzo armato dello spessore di 90 centimetri in arco rovescio e di 80 centimetri ai piedritti e in calotta.

Il tratto di galleria naturale, realizzato sotto coperture di circa 70 metri, ha avuto un avanzamento senza problemi, perchè il materiale incontrato era quasi lapideo, in genere argille marnose molto compatte. Non altrettanto buono è stato l'avanzamento nel tratto verso l'imbocco sud –

segnala la struttura di progettazione di Italferr – dove alla bassa copertura si unisce un materiale fatto di limi argillosi piuttosto scadenti, dove non a caso si sono verificati i già citati dissesti in galleria.

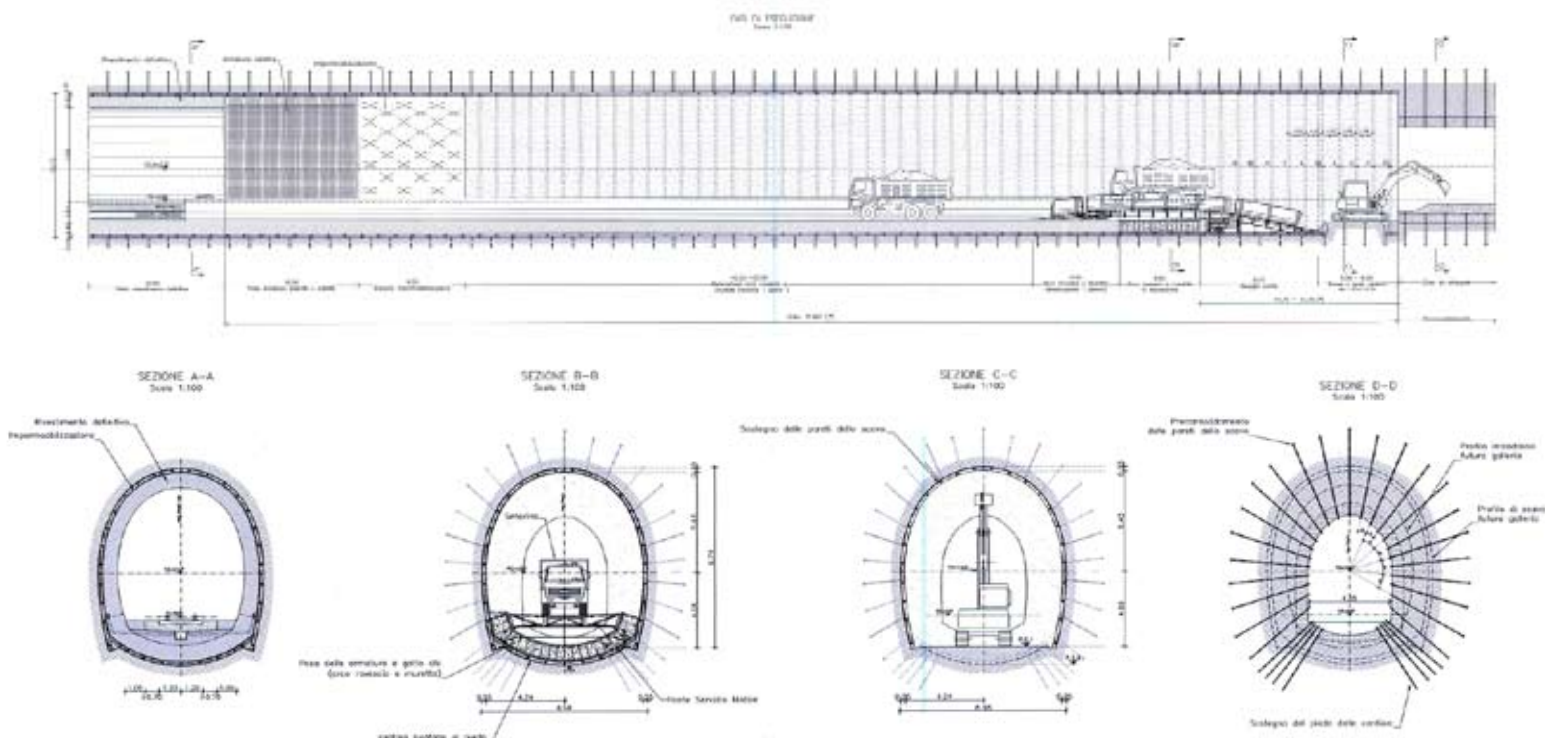
### Superamento degli imprevisti

I lavori prevedevano l'interruzione totale del binario per circa un anno, non poco vista l'importanza della linea, ma sono durati più del doppio perchè il cantiere ha intercettato una discarica di tipo urbano, di cui non si conosceva l'esistenza e che i sondaggi effettuati dai progettisti non sono riusciti a individuare perchè caduti ai limiti esterni della discarica, che del resto copre un tratto di soli 72 metri.

I sondaggi si fanno mediamente uno ogni 100 metri – ricordano i progettisti – e sui 1.600 metri di lunghezza della galleria ne sono stati fatti una ventina, la maggior parte in corrispondenza degli imbocchi e poi uno ogni cento metri; inoltre quella era una zona di difficile accesso, occupata da un allevamento di proprietà privata.

Di fatto, la discarica viene scoperta effettuando le chiodature radiali negli ultimi 80/100 metri di galleria, prima dello scavo a cielo aperto, dalle quali ha cominciato

Particolari delle fasi di avanzamento degli scavi della galleria Castellano



a scendere del percolato.

Come se ne è usciti? Non utilizzando più il consolidamento con chiodatura radiale e creando una calotta impermeabile costituita da micropali orizzontali, con infilaggi lunghi circa 18/20 metri, con tubi di vtr iniettati, in sovrapposizione fra loro di circa 8/10 metri; dai piedritti a scendere si è mantenuto il consolidamento radiale, sempre con barre vtr lunghe 7 metri.

La soluzione è stata preceduta da un'intensa campagna geognostica, per capire qual'era il confine fra la discarica e il terreno naturale, e verificare lo spessore sopra la calotta, per poter poi inserire correttamente le barre.

Il costo aggiuntivo è stato di oltre 5 milioni di euro, di cui 1,5 milioni per lo smaltimento del materiale – quello per la parte fra la calotta di infilaggio e il vecchio profilo della galleria – per il quale è stato necessario ricorrere a procedure speciali.

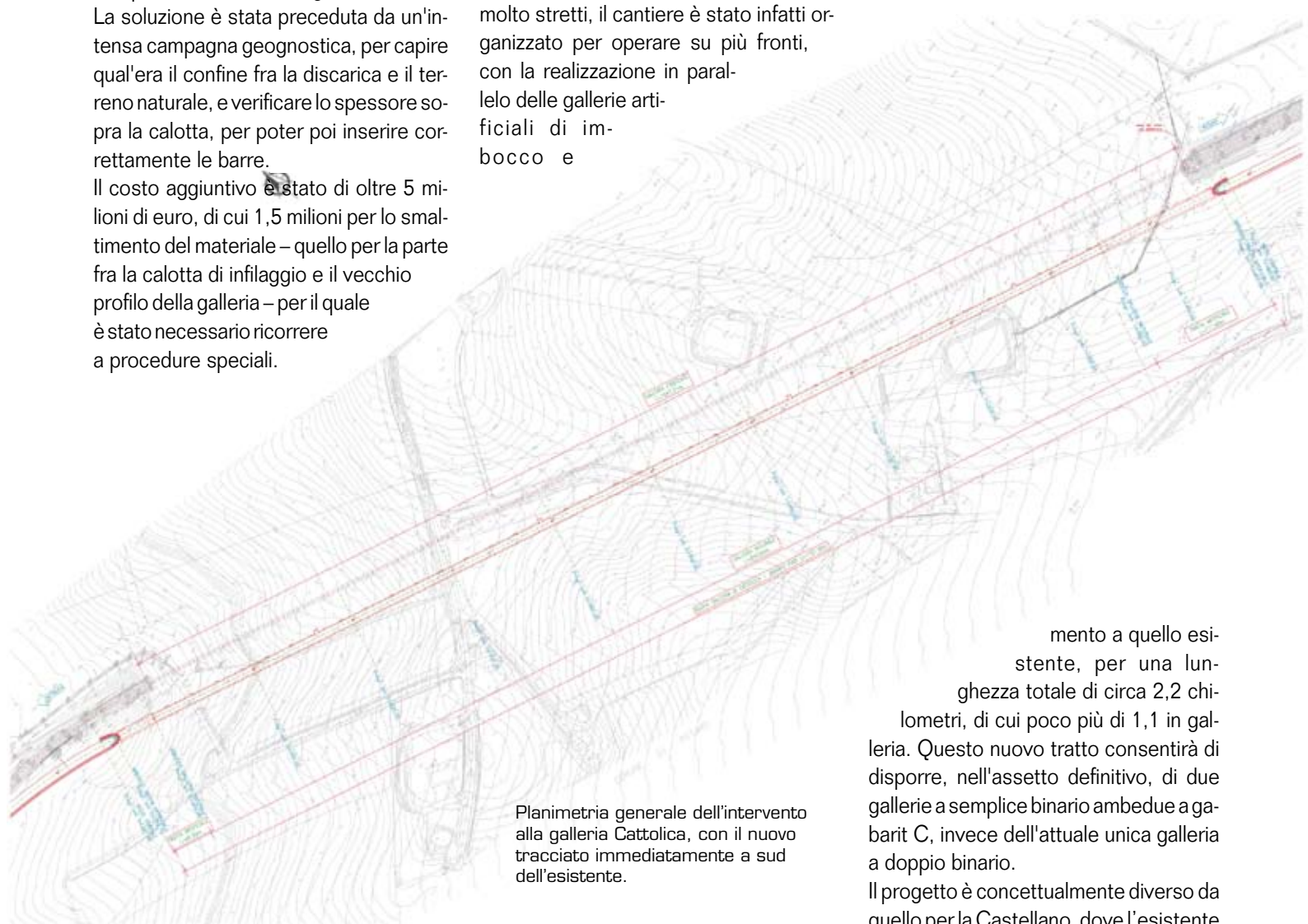
anno, appunto).

Tempi e spazi sono stati affrontati dall'impresa – la Salini Locatelli Grandi Lavori srl – utilizzando mezzi di piccole dimensioni e in un numero maggiore rispetto alla norma, ben oltre la dotazione interna (si è ricorsi a numerosi dumper e escavatori noleggiati appositamente, dalla CGT).

Per rispettare i tempi originariamente molto stretti, il cantiere è stato infatti organizzato per operare su più fronti, con la realizzazione in parallelo delle gallerie artificiali di imbocco e

## Il raddoppio della galleria Cattolica

Il caso della Cattolica è invece quello di un raddoppio – spiega Luciano Frittelli – con la realizzazione di un nuovo tratto di linea a semplice binario su un tracciato in parte in variante e parte in affianca-



Planimetria generale dell'intervento alla galleria Cattolica, con il nuovo tracciato immediatamente a sud dell'esistente.

### Un cantiere con poco spazio

Il cantiere è anch'esso degno di nota, caratterizzandosi sia per la particolarità degli scavi, che avvengono in spazi operativi molto stretti, con basse coperture e interferenze con altre lavorazioni e strutture, sia per l'entità delle lavorazioni richieste dal Capitolato d'appalto e il tempo estremamente ridotto per eseguirle (un

degli scavi di allargamento della galleria esistente.

Il solo scavo delle gallerie artificiali ha richiesto la movimentazione di oltre 130 mila metri cubi di materiale in tre mesi, utilizzando contemporaneamente fino a sette dumper (contando solo quelli a noleggio).

mento a quello esistente, per una lunghezza totale di circa 2,2 chilometri, di cui poco più di 1,1 in galleria. Questo nuovo tratto consentirà di disporre, nell'assetto definitivo, di due gallerie a semplice binario ambedue a gabarit C, invece dell'attuale unica galleria a doppio binario.

Il progetto è concettualmente diverso da quello per la Castellano, dove l'esistente non solo aveva una sagoma di dimensioni ridotte ma anche seri problemi strutturali, mentre la Cattolica è in buono stato e nasce nell'Ottocento già per una linea a doppio binario, pur dotata originariamente di un solo binario; l'unico problema è che le sagome attuali sono superiori a quelle previste all'epoca.

Per questo, negli anni Settanta e Ottanta si sono studiati percorsi alternativi per

bypassare la galleria, poi abbandonati per problemi di tipo economico.

Una soluzione diversa prende corpo successivamente, negli anni Novanta, e riguarda direttamente la galleria esistente: l'abbassamento dell'arco rovescio, per tratti, mettendo fuori servizio di volta in volta un binario.

L'intervento viene realizzato solo in parte, perchè ha un impatto pesante sull'esercizio, sulla tempistica e sui costi, in quanto si può operare solo nelle quattro ore notturne di assenza del servizio ferroviario, durante le quali va tolta l'alimentazione aerea e il binario, demolito l'arco rovescio, realizzata la gabbia per il muro verticale e la soletta orizzontale, effettuato il getto e infine ricollocato il binario per riaprire l'esercizio.

Risultato? in un'anno è stato completato l'abbassamento di un solo binario, con un onere finanziario raddoppiato rispetto a quanto previsto in progetto; ma almeno dalla fine degli anni Novanta è disponibile un binario con sagoma adeguata, in grado di permettere il passaggio dei traffici dal porto di Ancona verso nord.

Però la codifica a gabarit C di una linea non può essere fatta con solo un binario disponibile, quindi il traffico merci a grande sagoma non è a catalogo di Rfi, ma avviene su richiesta.

Da qui il ritorno all'ipotesi di realizzare

una variante, scavando una nuova galleria, che però si sblocca solo recentemente perchè, per l'ennesima volta, si scontra con problemi di tipo economico: quando termina il lavoro sulla Castellano si registra la mancanza di una parte della copertura finanziaria, utilizzata per altri lavori, ed è necessario attendere il successivo rifinanziamento.

Comunque oggi i lavori sono in corso, affidati alla Demoter Coger, avviati nella primavera scorsa dopo il completamento della bonifica dagli ordigni bellici, e dovrebbero essere completati entro il 2011.

### Piccola ma non semplice

La durata complessiva dei lavori è calcolata in due anni, non pochi per una variante di soli 2 chilometri, anche se la tempistica non riguarda solo il tratto in sotterraneo – circa 950 di galleria naturale e due tratti in artificiale (117 metri al portale sud e circa 40 in quello nord) – ma anche i due tratti di aduzione e la posa dei binari e degli apparati di segnalamento.

In ogni caso, lo scavo vero e proprio, effettuato in tradizionale, dovrebbe richiedere circa un anno e mezzo, perchè le difficoltà da affrontare non sono poche – sottolinea Frittelli – a partire dalla sezione molto ridotta, a semplice binario, cosa

che pone oggettivamente delle difficoltà operative, maggiori rispetto a scavi in spazi più grandi, come ad esempio le gallerie dell'Alta velocità: qui due camion in parallelo non passano, come del resto non passavano nella Castellano, dove i mezzi entravano in retromarcia per poter caricare il materiale.

Inoltre il terreno non è dei migliori e le coperture sono ridotte, variabili da 5-15 metri in prossimità degli imbocchi, fino a un massimo di 38 metri nella tratta centrale, cosa che richiede molta attenzione.

Infine, si lavora molto vicini alla galleria esistente, che dista circa 30 metri dalla nuova, ed è necessario molta attenzione e un continuo monitoraggio, ma non si poteva stare più lontani, per un problema di raccordo con la linea esistente, che non ha alternative migliori, vista la presenza poco oltre dell'autostrada A14.

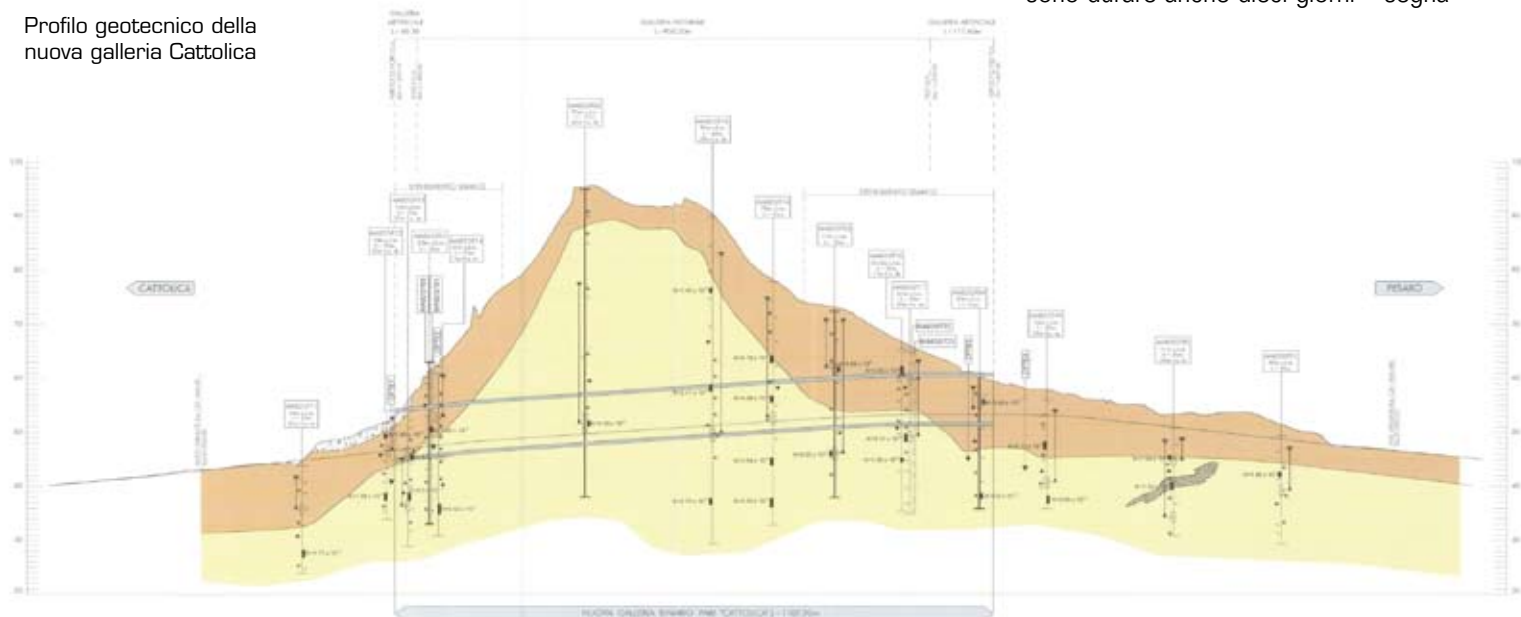
Per questo è già un successo riuscire a procedere con due metri di avanzamento al giorno.

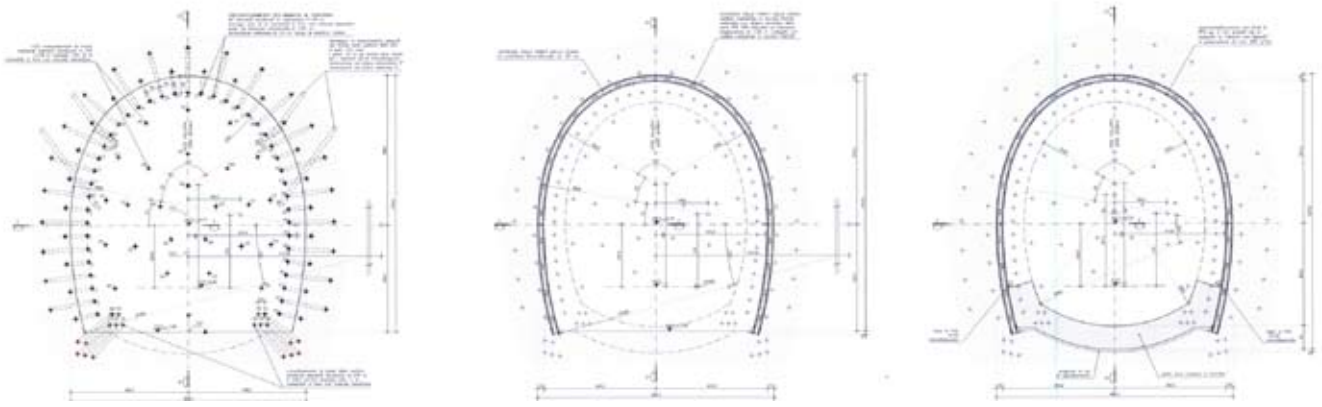
### Sezioni di scavo

Per l'avanzamento degli scavi sono previste sezioni di consolidamento molto pesanti, con elementi di vtr sia al contorno che al fronte e al piede della centina (fino a 5+5 elementi strutturali in vtr cementati in foro con miscele espansive).

Così i consolidamenti di una sezione possono durare anche dieci giorni – segna-

Profilo geotecnico della nuova galleria Cattolica



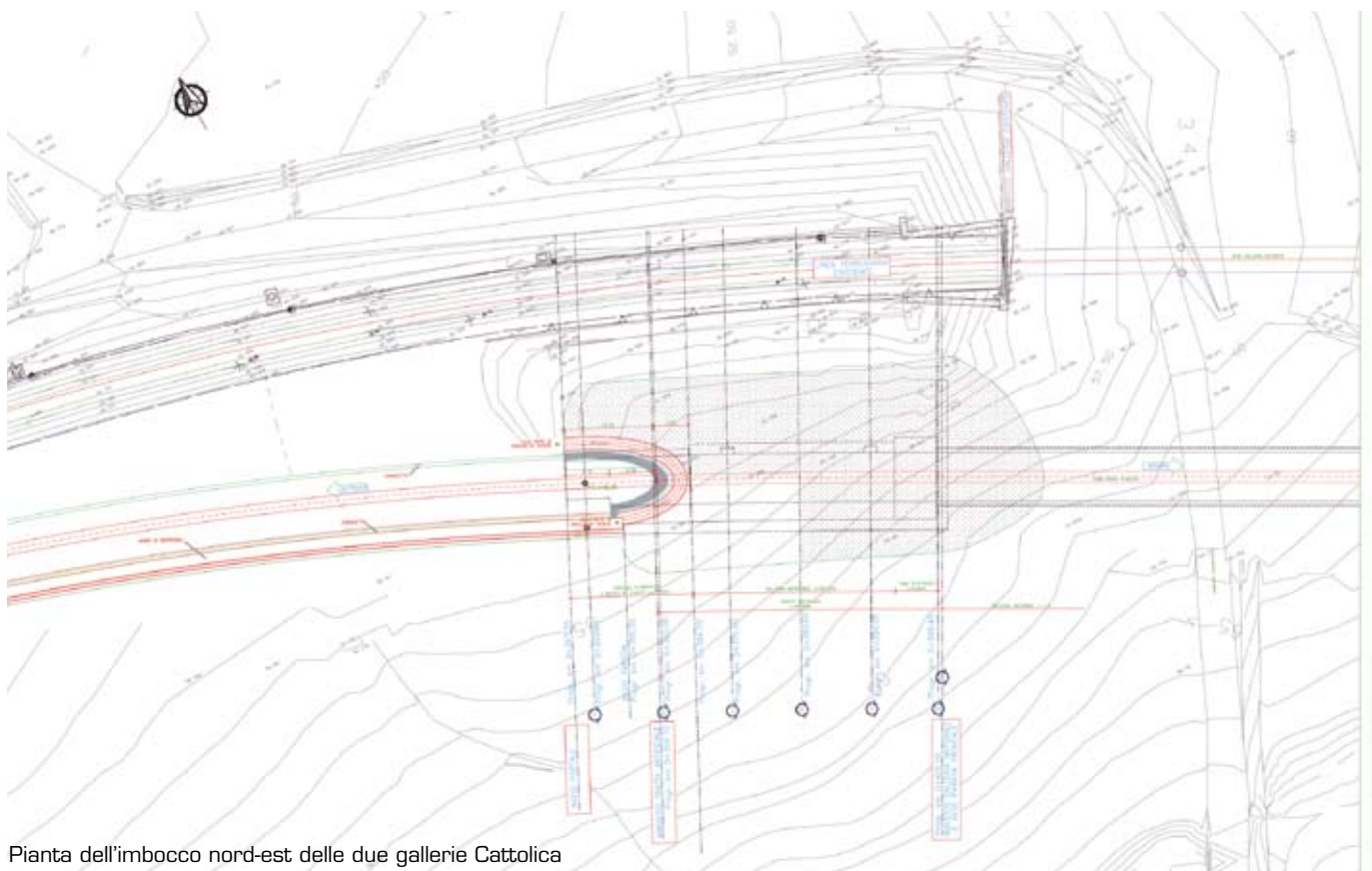


Sezioni di avanzamento del tipo C2 adottate per la parte più complessa della galleria Cattolica, relative rispettivamente al preconsolidamento e presostegno (a sinistra), allo scavo e sostegno di prima fase (al centro) e al getto dell'arco rovescio

lano i progettisti – e poi si deve procedere all'avanzamento, in media per un metro e mezzo di profondità, montare subito le centine, lo spritz sui lati ed eventualmente anche al fronte, di 5 centimetri, per sicurezza; poi però per 15 giorni lo scavo si ferma, perchè riprende la fase dei consolidamenti; quindi i tempi si allungano, nonostante il progetto preveda l'avanzamento su entrambi gli imbocchi procedendo ai consolidamenti da un lato e allo scavo dall'altro.

La progettazione delle modalità di avanzamento in sotterraneo prevede sostanzialmente tre sezioni tipo di consolidamento, definite secondo la metodologia Adeco RS, in funzione del comportamento deformativo dello scavo: tipo A (fronte stabile), B (fronte stabile a breve termine) e C (fronte instabile). La A è piuttosto leggera – spiegano i progettisti di Italferr – e riguarda la zona centrale, lunga circa 400 metri, dove lo scavo incontra argille plioceniche, compatte, e

non ci dovrebbe essere presenza di acqua; sono previsti sfondi di 1,5 metri e poi pre-rivestimento, centine e spritz, con centine accoppiate, con uno spessore di 20 centimetri, ed eventuali drenaggi. Nelle zone d'imbocco si ha invece materiale di consistenza media (in genere limi argillosi) che non offre grandi sicurezze di stabilità e per questo il progetto ha preferito adottare sezioni di un tipo C: per i primi 30 metri di ciascun imbocco sono previste sezioni molto chiuse, che com-



Pianta dell'imbocco nord-est delle due gallerie Cattolica

prendono la chiusura dell'arco rovescio e la centina puntone; non solo, per i primi dieci metri, su entrambi i fronti, si inizia con una sezione Concio d'attacco, che prevede sia il consolidamento del fronte, con gli elementi in vtr, sia del contorno del cavo, fatto con vtr e infilaggi.

A seguire, per circa 20 metri, è prevista un'altra sezione della categoria C, denominata C2 bis, che è come la precedente ma senza gli infilaggi.

Quella successiva, anch'essa C2, sempre da entrambe le parti, per un totale di 370 metri, prevede consolidamento sia al contorno, con tubi vtr lunghi 18 metri, sia al fronte, con 25 vtr da 18 metri con sovrapposizione di 8 metri.

Per raggiungere la zona con sezione A si prevede infine una sezione intermedia B1, studiata appositamente come passaggio, che prevede consolidamenti solo al fronte.

### Adeguamento dell'esistente

Quanto alla galleria ottocentesca, nel 2012, completata la variante, l'esercizio verrà trasferito sul binario della nuova galleria e inizierà l'adeguamento, che consiste nel trasformarla anch'essa a binario unico – spiega Frittelli – togliendone uno e spostando l'altro al centro, così da

avere anche questa di dimensioni idonee alla codifica di gabarit C PC80; un intervento che si completa in 12 ore.

Prima di arrivare alla fase conclusiva è però opportuno cogliere l'occasione dei lavori per una analisi approfondita della situazione strutturale (sondaggi, verifiche degli spessori ecc.), e valutare se siano necessarie opere di consolidamento, quantomeno perchè la galleria ha già 110 anni e deve durarne altrettanti.

Va detto che strutturalmente non ha mai presentato problemi – continua Frittelli – se non l'usura del materiale arenario di copertura, che si autodegrada con il passaggio dei treni; inoltre, fra rivestimento e terreno possono crearsi delle nicchie, scavate della sabbia mossa al passaggio dei treni.

Da qui l'ipotesi di creare un rivestimento protettivo, impermeabilizzante, utile sia per affrontare delle percolazioni locali di acqua, che possono portare alla corrosione dell'armamento, sia per evitare i fenomeni di corrosione interna del rivestimento.

In particolare si sta valutando se applicare delle pannellature leggere, di tipo non metallico (ad esempio vetroresina), in alternativa alle soluzioni più pesanti o ai calcestruzzi spruzzati, che da un lato

appesantiscono la volta e dall'altro possono complicare il controllo delle strutture.

### Monitoraggi

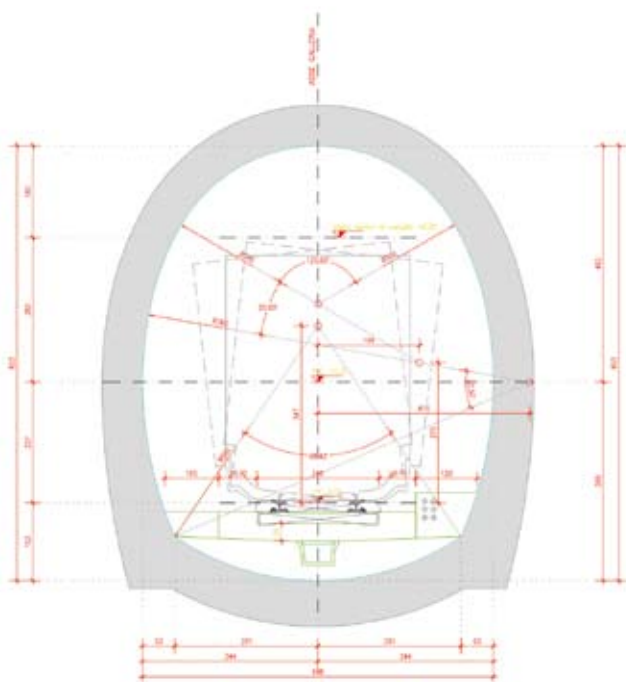
Durante e dopo i lavori sono previsti numerosi monitoraggi, sia della nuova opera che dell'esistente.

Per l'avanzamento dello scavo si prevedono: rilievi geologico-geotecnico speditivi del fronte di scavo, misure di convergenza con mire ottiche, misure di estrusione profonda del fronte, misure di livellazione superficiale, misure di tensione con celle di carico, barrette estensimetriche e celle di pressione.

Per la galleria esistente, si sta mettendo in opera un impianto di monitoraggio per tutta la fase di lavorazione, con martinetti piatti, estensimetri e inclinometri, per mantenere il controllo continuo delle tensioni e delle deformazioni.

La stessa cosa è stata fatta con la galleria Castellano ed è prevista anche per la galleria di Ortona, dove il nuovo tracciato passa sotto il castello aragonese e sotto una scuola media e per rassicurare gli abitanti il sistema di monitoraggio verrà reso disponibile su internet, permettendo a chiunque di controllare giorno per giorno la situazione. ■

Sezione tipo dell'intradosso della galleria naturale della nuova Cattolica



Sezione tipo della galleria artificiale della nuova Cattolica

