

Bologna, 17, 18 e 19 ottobre 2013

Movimentazione dello smarino tramite sistema di nastri trasportatori con riferimento a vari case histories

Massimiliano Bringiotti⁽¹⁾, Jean-Benoit Duchateau⁽²⁾, Stephan Portner⁽²⁾

⁽¹⁾GeoTunnel S.r.l., Genova, Italia

⁽²⁾Marti Technik AG, Mooseldorf, Svizzera

ABSTRACT: Lo scavo di gallerie richiede soluzioni affidabili per il trasporto all'esterno del materiale di risulta. La Marti Technik leader nella progettazione, costruzione, installazione e gestione di impianti e sistemi per il trasporto, mostra nei nastri trasportatori il suo punto di forza.

Tale sistema richiede solitamente un minore numero di addetti, limitati consumi energetici ed ha una manutenzione programmabile con costi di esercizio ridotti. Inoltre è indipendente dai sistemi circostanti presenta spesso un costo globale minore dei classici sistemi alternativi.

Anche per lo smarino di scavo di due cunicoli facenti parte della Galleria di Base del Brennero, lunga circa 55 km, si è optato per il sistema nastro trasportatore; uno porta il materiale scavato con la TBM presso l'area di deposito di Alca e l'altro, attraversando l'autostrada del Brennero A22, la linea ferroviaria, la statale SS12 ed il fiume Isarco, presso il deposito di Mules.

Il nastro, principalmente nelle aree esterne, è blindato con una copertura che protegge il passaggio sottostante da eventuali cadute di materiale. Inoltre, la tratta con il sovrappasso stradale, particolarmente delicata, è progettata per evitare l'accumulo e la successiva caduta di neve sulle sottostanti sedi viarie.

Tale sistema permette lo smaltimento dello smarino in modo continuo e senza impegnare automezzi pesanti garantendo risparmio e sicurezza sia in cantiere che nelle aree di passaggio urbanizzate.

1 Perché usare i nastri trasportatori per la movimentazione del materiale di risulta

Praticamente in tutti i processi di scavo in sottosuolo (**Fig. 1**) i nastri trasportatori vengono utilizzati soprattutto per limitare le spese (in termini di riduzione dell'incidenza per tonnellata di materia prima prodotta) di movimentazione del materiale cavato verso l'impianto in grado di processarlo.



Figura 1 Impianto di estrazione presso l'imbocco di una galleria in trincea

Un elenco degli aspetti positivi nell'applicazione di questa metodologia, proiettato anche al mondo del tunnelling, in comparazione ai classici sistemi di trasporto su gomme, può essere così riassunto:

A) Ambientale e sicurezza:

- limitazione dell'impatto ambientale dell'intero processo produttivo,
- limitazione del rumore,
- eliminazione della produzione delle polveri,
- maggior sicurezza sulla TBM per una gestione dello smarino tramite un sistema intrinsecamente molto sicuro,
- elevazione generale dei parametri di sicurezza per l'eliminazione della possibilità di incidenti stradali lungo il tracciato a scarica e
- solo presenza di motori elettrici ed esclusione dei motori endotermici.

B) Energetico:

- risparmio notevole in energia se comparato ai consumi in gasolio e
- risparmio nel dimensionamento e consumi dell'impianto di ventilazione.

C) Ciclo di lavoro e manpower:

- il sistema di smarino è continuo per cui è disponibile in qualsiasi momento,
- risparmio in mano d'opera in assoluto (anche gestione quale mensa, alloggio, ecc.) e
- maggior flessibilità per i turni di lavoro (minor numero di maestranze impegnate ed utilizzo di pochi Tecnici vs. molti Autisti).

D) Vantaggi associabili con l'uso di TBM:

- il materiale scavato dalla fresa viene smaltito in continuo dalla galleria e/o dal pozzo di scavo,
- nessuna necessità di un lungo back up per caricare l'intero quantitativo di una spinta completa sul treno di smarino,
- assenza di un sistema di ribaltamento dei vagoni installato al portale del tunnel,
- nessuna interferenza tra la via di veicolamento dello smarino verso l'esterno ed il trasporto verso l'interno dei conci di rivestimento, dei materiali di iniezione e del personale,
- assenza di una officina meccanica per l'assistenza e manutenzione dei locomotori,
- assenza di cisterne ed impianti di rifornimento degli stessi,
- ottimizzazione del parco ricambi e sua minimizzazione e
- minor personale per la gestione dell'intero sistema di smarino (autisti, meccanici, manutentori, controllori dedicati ai sistemi di sicurezza, ecc.).

E) Infrastrutturale:

- limitazione degli interventi sulle vie stradali (rifacimento manto, cartellonistica, semaforica, ...) e
- minor disturbo alle infrastrutture collaterali (vie urbane, provinciali ed autostradali).

Il pregiudizio che un impianto di nastri trasportatori abbia un costo troppo elevato risulta quindi poco motivato; è sufficiente prendere nella giusta considerazione gli elementi sopra elencati per valutare i vantaggi nell'adottare una scelta di questo tipo. Vari sono gli esempi di cantieri standard, complessi o peculiari ove tale tecnologia è stata applicata con successo.

2 Lugano

Nella città svizzera di Lugano, affacciata sul lago omonimo, nell'area ex Palace posta in prossimità del lungolago è sorto il nuovo centro culturale di Lugano, che ha previsto, tra l'altro, la realizzazione di un museo ed un teatro con autorimessa interrata su più livelli. L'esistenza di uno storico edificio ha condizionato in parte le scelte progettuali, in quanto la popolazione, interrogata tramite referendum, non ha voluto la demolizione totale delle esistenti murature, che quindi sono state opportunamente sottofondate e sostenute durante tutte le fasi di lavorazione. La presenza di una falda freatica poco profonda e di terreni variabili da molto sciolti a particolarmente resistenti ha comportato la scelta di eseguire le opere speciali di ritenuta tramite una idrofresa Bauer BG28-BC32. Il materiale scavato per ottenere i volumi costruttivi ed il materiale di risulta dello scavo con idrofresa, opportunamente dissabbiato, è stato immesso nel centro del lago tramite un sistema di nastri trasportatori progettati e costruiti da Marti Technik (300.000 ton trasportate con un tappeto da 800 mm) (**Fig. 2**).



Figura 2. Il nastro ed il lago

L'impianto ha previsto anche l'installazione di un frantoio di alimentazione del nastro trasportatore per ridurre la pezzatura del materiale scavato, tramite metodologie operative tradizionali, ed un barcone di trasporto del materiale caricato dal nastro per la sua successiva movimentazione e deposizione in opportune zone del Lago ove è stato allocato allo scopo di ripascimento e riempimento controllato.

3 Variante di Valico A1 – Galleria di Base

La Variante di Valico costituisce l'alternativa al tratto appenninico dell'Autostrada del Sole Milano-Napoli (**Fig. 3**). Si snoda per 62,5 km tra Sasso Marconi e Barberino del Mugello ed è un intervento prioritario per il miglioramento della viabilità e la riduzione dei tempi di percorrenza tra Bologna e Firenze.



Figura 3. Il nastro tra gli alberi ed in adiacenza alla strada in direzione BO-FI!

Il nuovo progetto di miglioramento della percorribilità autostradale tra Firenze e Bologna permetterà di superare la dorsale appenninica ad una quota più bassa del tracciato precedente, tramite un percorso ardito ricco di viadotti e gallerie che renderà la nuova autostrada più moderna ed efficiente.

La galleria di base, eseguita dall'Impresa Todini S.p.A. di Roma (PM il Geom. Felice Rossi), misura complessivamente ca. 8.500 m. Sono previsti by-pass carrabili, affiancati da by-pass pedonali; il progetto non prevede l'esecuzione di pozzi di aerazione. E' infatti stata sfruttata una discenderia (**Fig. 4**) intermedia per l'estrazione dell'aria da scambiare nelle due canne, una sola centrale di ventilazione situata alla testa della discenderia e ventilatori jet di supporto in galleria per casi di traffico con insufficiente effetto pistone. Per inciso l'intero impianto di ventilazione è stato fornito dalla nota Società Spagnola Zitron.



Figura 4. Il nastro all'imbocco della discenderia; si noti la bocca di carico del frantoio

Lo scavo è stato generalmente realizzato con l'impiego di esplosivo, con protezione realizzata mediante spritz-beton, ancoraggi e centine di rivestimento; è stato effettuato con il sistema dello sparo controllato, adottando opportuni microritardi ed un adeguato numero di fori di corona, al fine di ridurre l'entità dei fuorisagoma ed il disturbo alla massa rocciosa al contorno dello scavo.

L'abbattimento con l'impiego del martellone è stato eseguito nei materiali teneri, in cui, ove previsto dalle sezioni tipo di scavo, sono stati in precedenza effettuati i preconsolidamenti, cioè tutti quegli interventi necessari atti a migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, affinché all'apertura del cavo non si potessero avere riversamenti del materiale nello stesso.

Lo smarino dai fronti della galleria di base, sia lato Bologna che Firenze (canna nord e sud), è stato effettuato utilizzando pale, escavatori, camion e dumper.

Durante la fase di esecuzione della galleria, una volta terminata la costruzione della discenderia intermedia, quando sono stati operativi tutti e quattro i fronti di scavo che procedono dalla discenderia verso Bologna e verso Firenze (nord e sud), è stato attivato un impianto a nastro trasportatore (**Fig. 5**) per il convogliamento del materiale scavato in galleria all'area esterna di deposito provvisorio (AD10).



Figura 5. Il nastro lato strada

E' stato infatti necessario limitare l'impatto dei lavori su un ambiente caratterizzato da insediamenti residenziali stabili e di natura turistica nella stagione estiva.

Il materiale roccioso scavato in galleria (generalmente sparato) è stato recapitato all'impianto di frantumazione, installato all'esterno, dai suddetti quattro fronti di avanzamento, utilizzando dumper gommati. Ridotto in pezzatura idonea, il materiale è stato successivamente convogliato tramite una serie di nastri trasportatori fino all'area di deposito ove è stato collocato un nastro brandeggiante (stacker gommato) in grado di realizzare un cumulo dinamico di elevata capacità, atto a fare da "polmone" per la gestione dei materiali di risulta dello scavo. Il nastro si sviluppa per circa 1.400 m raggiungendo l'area di deposito temporaneo AD10 (**Fig. 6**), azionato da una motorizzazione elettrica alimentata dalla cabina di trasformazione del cantiere. Per evitare cadute accidentali di materiale, il nastro è protetto tramite una carenatura superiore avente anche la funzione di impedire il sollevamento di polvere lungo il percorso. Dopo un primo tratto di circa 80 m a mezza costa in corrispondenza del cantiere di imbocco della galleria, il nastro attraversa con una campata aerea di circa 24 m la SP 8, sostenuto da una struttura reticolare che garantisce i franchi di sicurezza per il traffico sottostante. Fino alla p.k. 0+400, costeggia in banchina la strada provinciale lato torrente Gambellato, impostato su fondazioni dirette in calcestruzzo armato. Ove il tracciato lo richiede, quindi per gran parte della tratta, il nastro è stato posizionato a sbalzo, sostenuto da mensole ancorate a micropali in acciaio. Alla p.k. 0+400 circa, il nastro supera in aerea l'incrocio della SP 8 con la strada comunale del casello autostradale in corrispondenza del ponte sul torrente Gambellato con una campata di circa 36 m. Anche qui sono garantiti i franchi stradali di legge.



Figura 6. L'area di deposito AD10 e lo stacker gommato

Per la tratta finale il percorso segue il tracciato della viabilità di servizio già realizzata e pertanto nell'ambito del cantiere: qui le strutture del nastro sono ancorate direttamente alla pavimentazione stradale, salvo un ulteriore passaggio sopraelevato sopra una pista di cantiere.

L'impianto riveste un carattere temporaneo ed è stato smantellato al termine dei lavori di scavo in galleria, con il conseguente ripristino dei luoghi come allo stato precedente.

Il nastro, fornito e installato dalla Marti Technik, è largo 800 mm con un raggio minimo di curva pari a 215 m; può trasportare 500 tonnellate di materiale ogni ora con una potenza impegnata pari a 450 kW. Ha movimentato più di 1 milione di tonnellate di smarino.

4 Jinping II – il più ardito progetto di nastri trasportatori realizzato al mondo

Il fiume Yalong, uno dei principali affluenti dello Yangtze, è situato a SW della provincia dello Sichuan. Si sviluppa per ca. 1.600 km, con un dislivello di 2.800 m, lungo varie gole molto profonde; ben 21 impianti idroelettrici producono energia sfruttando questa grande massa di acqua. La Società Ertan Hydropower Development Company Ltd. è il gestore responsabile della realizzazione delle 2 installazioni di Jinping I e II. La centrale di Jinping II sfrutterà un tratto tortuoso dello Yalong, lungo ben 120 km, generando 4.800 MW. L'intero impianto è stato progettato in sottosuolo, sala macchine compresa, prevedendo la realizzazione di 4 gallerie in pressione della lunghezza di ca. 17 km, aventi

un diametro pari a ca. 12,4 m; è stata prevista anche una galleria di drenaggio (sono formazioni a forte carsismo) avente 6 m di diametro, che corre parallela agli altri condotti.

3 TBM e 2 fronti attrezzati in D&B producono ca. 20 milioni di ton di materiale di risulta che devono essere movimentati e gestiti. Lo smaltimento del materiale di risulta lungo le gallerie in fase di scavo sino a discarica avviene tramite nastri trasportatori; il tracciato dell'intero sistema è a dir poco spettacolare. La potenza del nastro dietro TBM, ad esempio quella dell'adit n. 3, ammonta a 2.800 kW, con un output di 1.800 t/h; rappresenta probabilmente una delle installazioni più performanti mai realizzate al mondo, dovendo il sistema garantire una produttività di scavo della TBM pari a 600 m al mese.

Il sistema a nastro esterno rappresenta però la peculiarità dell'intero sistema; effettua il trasporto del materiale scavato dalla zona del portale alla discarica terminale ed ha una lunghezza di ca. 6.200 m. La portata totale è stata fissata in 5.600 t/h; inoltre deve essere possibile il trasporto in senso inverso di inerti per la realizzazione dei calcestruzzi di rivestimento, con portata pari a 600 t/h. La parte in eccedenza di smarino viene utilizzata per il riempimento di una vallata laterale, ad un'altezza di ca. 300 m e per una lunghezza di ca. 1 km.

Per questo impianto la sfida era costituita dal terreno impervio, dalla necessità di interagire non solo con la "natura selvaggia" ma anche con un insediamento (**Fig. 7**) costruito per alloggiare le maestranze (una specie di piccola città) unito all'elevata portata ed all'obbligo di lavorare senza comandi intermedi.



Figura 7. Il nastro tra le case!

La soluzione progettuale finale è stata quella di costruire due nastri, disposti l'uno al di sopra dell'altro, con portata di 2.800 t/h ciascuno; è stato quindi possibile garantire una sorta di ridondanza all'intero sistema. Il trasporto di ritorno della ghiaia avviene lungo la parte inferiore del tappeto del nastro inferiore (**Fig. 8**).

All'interno delle gallerie l'intera struttura è stata sospesa alla volta a causa di una chiara richiesta progettuale che non prevedeva di lasciare installazioni fisse a terra, al fine di lasciare la platea interamente libera per il passaggio dei mezzi e per le vie di corsa dei convogli ferroviari.

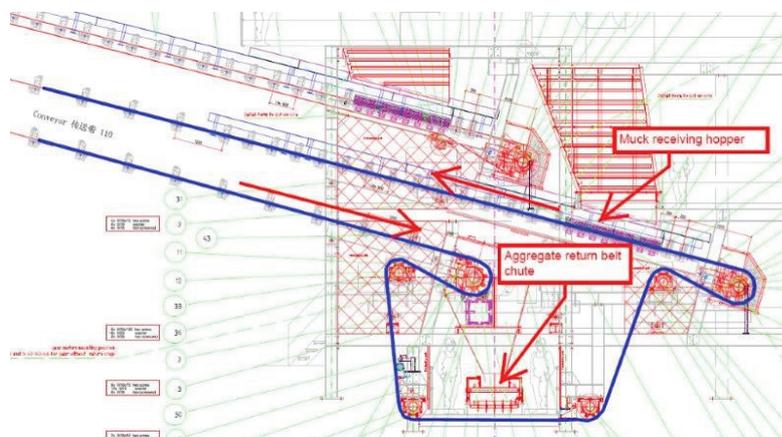


Figura 8. Smaltimento dello smarino e contemporanea movimentazione degli inerti

Il nastro superiore ha una potenza di 1.600 kW, quello inferiore una potenza di 2.400 kW. Per ridurre le forze massime di trazione del tappeto, sono stati montati sia motori anteriori che posteriori. Sulla base dei calcoli, in funzione delle elevate portate e delle dimensioni del tappeto (1,2 m), è stato fissato a 1.200 m il raggio minimo di curvatura orizzontale, con un gradiente di pendenza massimo pari a 14° (25%), creando non pochi problemi al tracciato.

Per realizzare, sul terreno ripido e montuoso, un tracciato compatibile con l'impianto, il sistema a nastro è stato fondamentalmente sopraelevato. Per lo più sono stati impiegati ponti con campata di 48 m. In aggiunta, è stato necessario creare 4 ponti con campate tra 62 e 200 m ed una breve galleria per evitare un tracciato particolarmente tortuoso (**Fig. 9**).

Due dei ponti sono stati realizzati in versione sospesa a causa dell'ampiezza delle rispettive campate. L'intera installazione è stata completata da vari sistemi integrati costituita da vari elementi quali torri di trasferimento, nastri intermedi, impianti di gestione degli aggregati per il calcestruzzo comprensivi di volumi di stoccaggio intermedi posti a 60 m di altezza



Figura 9. Un ponte tipo

Un impianto di queste dimensioni con un tracciato di questo tipo è piuttosto inconsueto per le condizioni europee (**Fig. 10**), ciò nonostante, la Marti Technik ha accettato la sfida ed ha realizzato



Figura 10. Visione generale della zona impervia

con successo la pianificazione, la fornitura ed il montaggio unitamente ai necessari lavori costruttivi, sia dei nastri posizionati all'interno delle gallerie (dietro TBM) che di tutti quelli esterni.

5 BBT – La galleria di Base del Brennero

La Galleria di base del Brennero, lunga circa 55 km, sarà composta da due canne principali a singolo binario, collegate da un cunicolo trasversale ogni 333 m, con un interasse compreso tra i 40 e 70 m, a seconda delle condizioni geotecniche dell'ammasso roccioso attraversato, e con una sezione circolare con 4,05 m di raggio. La velocità di progetto, coerentemente agli standard europei per le linee ad AV, sarà di 250 km/h. A regime, verrà attraversata da almeno 400 treni al giorno, di cui 320 merci. Il portale Nord della Galleria di base del Brennero sarà ubicato poco prima dell'ingresso nella stazione di Innsbruck, mentre il portale Sud è stato previsto situato all'ingresso della stazione di Fortezza.

Saranno inoltre realizzati tre posti multifunzione (PMF) collocati ad una distanza di circa 20 km tra loro, denominati Ahrental, St. Jodok (in Austria) e Trens (in Italia) che ospiteranno le fermate d'emergenza necessarie al soccorso di passeggeri di eventuali treni incidentati, nonché gli impianti per la gestione dell'esercizio e dei lavori di manutenzione; una galleria carrabile accessibile dall'esterno ne garantirà un ulteriore raggiungimento. Si rimanda, per una descrizione più approfondita del progetto alla memoria redatta da BBT.

I lavori della Galleria di Base lato Italia, sfrutteranno la caratterizzazione geomeccanica e le informazioni sulle caratteristiche idrogeologiche del tracciato raccolte durante lo scavo del tunnel esplorativo brillantemente terminato dalla Seli S.p.A. La progettazione per la realizzazione della Galleria di Base del Brennero e delle opere propedeutiche al tunnel sono realizzate da BBT, la società europea partecipata al 50% dall'Italia, dall'Austria con il 25% e dal Land Tirolo con il 25%. L'investimento complessivo previsto, in base alle stime elaborate nel 2006, è di circa 6.000 milioni di Euro. L'Unione Europea contribuirà per 593 milioni di Euro.

5.1 Il cunicolo esplorativo di Aica

A fine 2007 la costruzione del cunicolo esplorativo è stata aggiudicata al consorzio ATB, formato dalle imprese Pizzarotti (38,95%), Condotte (38,95%), SELI (8,55%), Collini (8,55%), Bilfinger Berger (1,60%), Alpine Mayreder (1,60%), Jaeger Bau (0,90%) e Beton und Monierbau (0,90%) per un importo di 78,9 milioni di Euro e 30 mesi di lavoro.



Figura 11. L'imbocco di Aica

Il cunicolo ha una lunghezza totale di ca. 10 km dall'imbocco Sud, situato nel comune di Aica (Fig. 11), all'asse della camera di smontaggio della TBM, raggiunta dalla finestra laterale di Mules; la copertura massima è pari a 1.400 m. Il progetto esecutivo ha previsto lo scavo con metodi tradizionali dei primi 150 m del cunicolo, così da superare una prima tratta con materiale di scarsa qualità geomeccanica e creare uno

spazio utile per l'assemblaggio della TBM nella sua configurazione minima di funzionamento, vista l'esiguità dello spazio nel piazzale antistante l'imbocco. Dal punto di vista geomeccanico-progettuale, le caratteristiche salienti dell'opera sono le seguenti:

- circa il 90% dello scavo ha interessato rocce con qualità geomeccaniche da discrete a buone (Classe II e III secondo Bieniawski);
- approssimativamente il 10% dello scavo ha invece attraversato ammassi rocciosi di qualità peggiore, a tratti molto scadente.

La TBM a doppio scudo è stata progettata, costruita e fornita dalla SELI in versione DSU. E' lunga 134 m e pesa 550 tonnellate.

La velocità di rotazione della testa è pari a 0-7,3 rpm, mentre la potenza dei motori sulla testa è di 1.960 kW (7 x 280 kW). Il diametro di scavo è pari a 6,3 m ed è stata equipaggiata con 46 cutters da roccia da 17". Ha una capacità di produttiva di 30 m al giorno. L'avanzamento dello scudo anteriore, a cui è collegata la testa, avviene attraverso 14 pistoni che possono fornire una spinta massima di 25.000 kN. Nella zona periferica della testa vengono alloggiati le cosiddette "tazze" per il convogliamento dello smarino; da qui, il materiale di risulta, graniti e granodioriti, viene scaricato nella tramoggia che lo trasferisce su di un nastro trasportatore fornito ed installato da Marti Technik, lungo 10.500 m, largo 800 mm e con una capacità di 450 t/h, che movimentata il materiale al di fuori della galleria (**Fig.12**) sino al cantiere di Hinterrigger.



Figura 12. Il nastro all'uscita dalla galleria

Da qui il materiale passa tramite un lungo nastro posato a terra ed una galleria eseguita per dare accesso alla zona di gestione dello smarino (**Fig. 13**). Il nastro trasportatore presenta vari raggi di curvatura: 400 m, 500 m e 1.200 m. Ha una potenza di 800 kW ed è equipaggiato con due "booster drives" che riducono lo stress a cui è soggetto nelle curve. Sono state trasportate a più di 300.000 t di roccia.



Figura 13. Il nastro all'area deposito di Hinterrigger

5.2 Galleria di accesso di Mules: attraversamento sopraelevato treno, strade e fiume

La discenderia di Mules è una delle finestre per l'attacco intermedio previste lungo il tracciato del Tunnel di Base del Brennero. E' una galleria naturale di lunghezza pari a 1,8 km circa che raggiunge una copertura massima superiore a 1.200 m. La discenderia ha una pendenza dell'8,5% circa, sviluppata a partire dalla quota approssimativa di 870 m s.l.m. all'imbocco, fino all'intersezione con il Tunnel di Base, alla quota indicativa di 720 m s.l.m..

L'ammasso roccioso all'interno del quale è stata scavata la finestra è lo stesso del cunicolo di Aica. L'assetto massivo del granito in questo caso non costituisce un vincolo all'avanzamento in quanto lo scavo è stato realizzato con il metodo convenzionale dell'esplosivo.

Le lavorazioni sono avvenute sulle 24 ore nell'arco delle quali in genere sono state organizzate due volate da 4 m ciascuna con conseguenti produzioni medie dell'ordine degli 8 m al giorno. La sezione di scavo è stata di 92 m² e la qualità dell'ammasso scavato è tale che gli interventi di consolidamento si sono limitano ad azioni puntuali, ovvero alla realizzazione della sezione tipo di scavo e consolidamento più leggera prevista nel progetto esecutivo. Le venute d'acqua riscontrate sono state ampiamente al di sotto di quelle previste.

Nel comune di Campo di Trens, nell'alta Val Isarco, circa 1 km a sud dell'abitato di Mules, è stata predisposta un'area di cantiere; tale zona è servita come base logistica per lo scavo della galleria di accesso di Mules ma avrà un compito ben più importante e severo durante la fase di realizzazione del tunnel di base del Brennero vero e proprio.

Per il trasporto del materiale lungo la seconda fase del lavoro sarà quindi necessario oltrepassare la strada Statale SS12 (**Fig. 14**), l'autostrada del Brennero, la ferrovia ed il fiume



Figura 14. Il nastro sopra la Statale S12 e l'Autostrada A22

La Marti Technik ha ricevuto l'ordine di progettare un impianto veramente particolare, in grado di oltrepassare tutti questi ostacoli in sicurezza e consentire una portata di 300 t/h con una pezzatura massima della grana di 250 mm.

Per raggiungere questi valori si è optato per un nastro EP 630 con una larghezza di 800 mm; la velocità del nastro trasportatore è di 3 m/sec. Il sistema, reversibile, consente il trasporto in entrambe le direzioni. La struttura portante dell'impianto si compone di elementi reticolari di supporto ed a ponte. La distanza dei piloni di sostegno è stata progettata in funzione della situazione geometrica contingente visto il tipo di attraversamento.

L'altezza degli stessi è determinata dalle distanze di sicurezza per i diversi attraversamenti sopraelevati, dall'altezza di scarico e dalle stazioni di trasferimento. I ponti a struttura reticolare sopra la SS12, l'autostrada A22 e la ferrovia del Brennero sono chiusi; lo scatolato impedisce chiaramente la caduta del materiale trasportato e della neve. I ponti a struttura reticolare sopra l'Isarco sono invece del tipo "aperto" standard.

La stazione motorizzata responsabile del funzionamento del nastro trasportatore è situata dopo la ferrovia, alla fine del nastro trasportatore che è al contempo il punto di scarico finale. L'altezza di scarico è di oltre 10,00 m.

Un fattore determinante in questo frangente è il rispetto massimo delle misure di sicurezza.

Per la progettazione dell'impianto sono state tenute in considerazione le seguenti distanze di sicurezza:

- Strada statale: 6 m
- Autostrada: 6 m
- Ferrovia: 12 m
- Distanza dalla linea aerea: 6 m

Durante il normale funzionamento, la concavità del nastro trasportatore garantisce che il materiale non cada; per una sicurezza ancora maggiore, il nastro trasportatore è stato incassato per tutta la sua lunghezza.

In corrispondenza dei ponti 3 e 4 si è inoltre prevista una copertura ed, in corrispondenza dei ponti 1, 2 e 5, è stato progettato il montaggio in un idoneo scatolare di protezione inferiore; in questo modo si è evitato anche il pericolo di caduta di materiale verso il basso. I lavori di manutenzione possono essere eseguiti comodamente dalla passerella.

Per l'attraversamento della strada statale SS12, dell'Autostrada A22 e della Ferrovia del Brennero, viene data particolare attenzione alla possibile caduta di neve.

L'esperienza in precedenti progetti ha insegnato che una struttura chiusa (**Fig. 15**) con grondaie laterali è un'ottima soluzione; il ponte presenta perciò un tetto piano in modo tale che la neve non possa scivolare di lato.

L'acqua prodotta dallo scioglimento della neve viene così raccolta lateralmente da una grondaia posta al di sotto e viene fatta defluire lungo i piloni.



Figura 15. Tipico nastro con struttura chiusa

5.3 Il consorzio Brennero 2011

Nel 2012 il Consorzio Brennero 2011 costituito dalle imprese PAC, Oberosler, Implenia e COGEIS ha assemblato e messo in funzione il sistema di trasporto su nastro che dal camerone TBM presso l'intersezione di Mules, attraverso il cunicolo Aica - Mules convoglia lo smarino al nastro trasportatore BBT esistente sito nel cantiere Unterplattner.

Il nastro all'interno del cunicolo è installato a parete in modo tale da permettere la libera circolazione dei treni di servizio e non limitarne la sagoma libera all'interno del cunicolo stesso. Per quanto riguarda la parte all'esterno si sono realizzate delle opportune misure di protezione contro la caduta della neve, in particolar modo al di sopra delle aree transitabili e praticabili dagli operatori, inoltre in corrispondenza delle tramogge il salto è stato limitato al minimo indispensabile per evitare che il materiale in caduta sia fonte di eccessiva rumorosità. La tratta all'aperto ha una lunghezza di 325 m ed è poggiato su tralicci alti circa 13 m con luce di 15m (**Fig. 16**).



Figura 16. Il nastro all'esterno

Il nastro in galleria ha una lunghezza di 10.500 m per superare un dislivello di circa -52 m con una capacità di trasporto di 500 t/h per granulometrie che vanno da 0 a 200 mm, con larghezza del tappeto di 800 mm. Raggiunge quindi una velocità di circa 3 m/sec, assorbendo 850 kW di potenza.

Viene alimentato tramite una tramogga che riceve il materiale da una galleria soprastante (**Fig.17**)



Figura 17. Il nastro in galleria e la tramogga di carico

6 Bibliografia

- Bringiotti M., 2002, *Frantoi & Vagli: trattato sulla tecnologia delle macchine per la riduzione e classificazione delle rocce*, Edizioni PEI
- Bringiotti M., Duchateau JB, Nicastro D., Scherwey, 2009, *Sistemi di smarino via nastro trasportatore - La Marti Technik in Italia e nel progetto del Brennero*, Convegno "Le gallerie stradali ed autostradali - Innovazione e tradizione", SIG, Società Italiana Gallerie, Bolzano, Viatic
- Portner Chr., 2009, *Belt conveyor installations for Jinping II Hydro-power station in China*, Tunnel, March 2009
- Bringiotti M., Parodi GP, Nicastro D., 2010 *Sistemi di smarino via nastro trasportatore*, Strade & Autostrade, Edicem, Milano, Febbraio
- Young J., *Hong Kong flood relief*, April 2010, Tunnels & Tunnelling International