

SITEBSi srl

Rassegna del bitume

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **40/02**

Il traforo del Monte Bianco

The Monte Bianco's tunnel

A cura della Dir. Specialità - TOTALFINAELF

Il traforo del Monte Bianco

The Monte Bianco's tunnel

A cura della Dir. Specialità - TOTALFINAELF

Riassunto

Dopo un breve excursus storico su nascita ed evoluzione del traforo del Monte Bianco fino alla data del recente tragico incidente, si passa alla descrizione dei lavori di rifacimento della pavimentazione stradale. Sono state applicate le migliori tecnologie ed innovazioni a servizio della sicurezza; in particolare vengono citati gli studi effettuati per la definizione del conglomerato bituminoso da utilizzare a garanzia di una "riabilitazione speciale" del tunnel.

Su mm ary

After a short historical description of the birth and evolution of Monte Bianco's tunnel, up to the tragic accident of 1999, the paper describes the complete reconstruction of the tunnel with the technologies and innovations applied in order to assure the safety of people and means of transport. It is particularly analysed the complex of studies carried out to find the proper bituminous mixtures to be used to guarantee the "special rehabilitation" of the tunnel.

1. Breve storia del Traforo

Lo spirito d'avventura, il desiderio di conquista, il bisogno di raggiungere nuove terre e nuovi mercati, l'intraprendenza personale hanno sempre spinto gli uomini a concepire imprese destinate a lasciare un segno e in qualche misura, a mutare il corso della storia. La ricerca di nuove vie di comunicazione è stata alla base di grandi sogni e di grandi conquiste dell'uomo.

Questa la spinta ideale che affascinò lo scienziato ginevrino Horace-Bénédict de Saussure quando, negli ultimi anni del XVIII secolo, concepì l'idea di un "passaggio" sotto il Monte Bianco (Fig. 1) che collegasse le due vallate di Aosta e Chamonix.

In realtà questa idea, dopo alterne vicende nel corso degli anni, vedrà una sua prima realizzazione solamente un secolo e mezzo più tardi grazie alla tenacia di un nobile piemontese, il conte Dino Lora Totino, che cominciò l'opera di escavazione nel maggio 1946. Senza autorizzazioni, con scarsissime maestranze e mezzi del tutto inadeguati, iniziò quella che sarebbe diventata un'opera senza precedenti: una galleria autostradale lunga quasi 12 km, con 2.500 m di rocce e di ghiacciai che la sovrastano.

La spinta alla realizzazione del tunnel da parte di Lora Totino non resta circoscritta a quell'unico atto quasi provocatorio, ma si rinnova nella perseveranza degli anni successivi, volta soprattutto a sostenere in ogni



Fig. 1 - Immagine del Monte Bianco

modo il progetto, affrontando innumerevoli ostacoli ed aspri conflitti.

Così, dopo un lungo periodo di stasi, il 14 marzo 1953 viene firmata a Parigi la Convenzione internazionale tra Italia e Francia per la realizzazione e gestione di un tunnel sotto il Monte Bianco, ratificata nell'agosto dell'anno successivo.

Da questo primo atto ufficiale, al 1° settembre 1957, quando viene costituita la Società Italiana per Azioni per il Traforo del Monte Bianco, il passo è breve.

L'8 gennaio 1959 gli italiani danno il via ai lavori, affidati alla Società Italiana per Condotte d'Acqua di Roma, che porteranno alla realizzazione di un tunnel lungo 11,6 km, posto a 1.300 metri sul livello del mare. Terminati gli scavi, il 14 agosto 1962, le maestranze italiane e francesi finalmente si incontrano, dopo anni di comune lavoro, a metà della galleria autostradale più lunga del mondo (per quei tempi), sotto la vetta più alta del continente. Il 16 luglio 1965 i Presidenti De Gaulle e Saragat inaugurano il tunnel, aperto al traffico tre giorni dopo, il 19 luglio 1965.

Un'opera unica nel suo genere che, nel quadrante nord-occidentale delle Alpi, rappresenta più del 53% del traffico turistico e più del 47% di quello commerciale con oltre 45 milioni di veicoli che ad oggi, la hanno attraversata.

2. L'incidente

Il traforo del Monte Bianco è chiuso al traffico a seguito del grave incidente dal 24 marzo 1999 (Fig. 2 e 3). Alle ore 10.45 di quel tragico giorno un camion belga entrava nel tunnel dalla barriera di pedaggio fi ancese.

Il camion era composto da una motrice e da un semi-rimorchio frigorifero; trasportava margarina e farina.

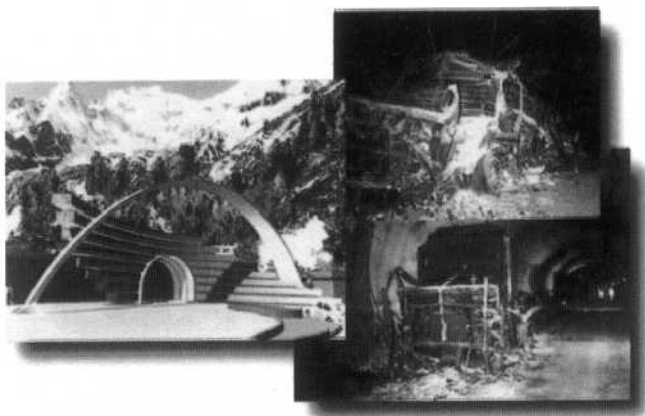


Fig. 2 - Immagini prese dal luogo dell'incidente

Pochi minuti più tardi un utente segnalava al posto di controllo italiano un fumo denso in galleria. Il camion belga è fermo in corrispondenza della progressiva 6.545 m dal portale francese ed era avvolto dalle fiamme.

Al seguito dell'automezzo erano entrati, sempre dall'imbocco francese, altri 13 autocarri, un furgone e 9 autovetture, che si erano arrestati circa 500 m dietro il camion belga, già nascosto dai fumi dell'incendio. Tali fumi invadevano rapidamente la galleria verso la Francia.

Sul versante italiano si erano fermati, circa 300 m a valle del camion, 8 autocarri e 9 autovetture.

Il flusso longitudinale dell'aria, spirante nella direzione francese, consentiva alle 9 autovetture di invertire la direzione di marcia e di ritornare sul piazzale italiano. Gli otto camion, stante la pericolosità della situazione, non riescono invece ad invertire la marcia. I conducenti, unitamente all'autista del camion belga, venivano portati in salvo dal personale del Traforo, sul lato italiano. In circa 5 minuti, quasi 900 metri di galleria, compresi fra il camion belga incendiato e la progressiva 5,6 km, venivano riempiti da un fumo tossico a temperatura superiore ai 500-600 °C. A queste temperature si aveva la pirolisi e la combustione anche dei materiali combustibili solidi presenti. L'incendio si estendeva quindi anche ai veicoli bloccati dietro il camion.

3. Alcune considerazioni sullo sviluppo di un incendio in galleria

Il fumo si diffonde subito. Raggiunge la volta della galleria, formando al di sotto di essa uno strato che in un certo senso "galleggia" su quello sottostante, composto da aria fredda più pesante. In assenza di aperture sulla volta, lo strato dei gas caldi e del fumo aumenta, invadendo progressivamente l'intera galleria nelle due sezioni a partire dal focolaio dell'incendio.

Occorre tenere presente che i fumi caldi, prodotti da un veicolo in fiamme, si spostano con una velocità superiore a quella della corrente d'aria della galleria.

Se in galleria l'aria è pressoché stagnante, i fumi, raffreddandosi, dopo aver percorso 500-800 m iniziano a mescolarsi con l'aria sottostante e, in pochi minuti, invadono l'intera sezione del tunnel.

Se la velocità della corrente d'aria è uguale a quella di diffusione dei fumi, questi vengono sospinti da un solo lato dell'incendio, come nel caso del traforo.



Fig. 3 - Altre immagini della tragedia

Nelle gallerie, conseguentemente, ha luogo un efflusso di gas caldi. Questa azione perturbatrice, quale l'azione del vento nel nostro caso, può provocare turbolenza e quindi la miscelazione del fumo con la corrente di ritorno dell'aria di richiamo, riempiendo gradualmente di fumo l'intera galleria.

4. I lavori per la messa in sicurezza

Il lavori per la messa in sicurezza del tunnel, costati oltre 260 milioni di euro (503 miliardi di lire), rendono il traforo del Monte Bianco il più sicuro traforo europeo tra quelli ad una sola canna. La tabella riportata riassume in breve le caratteristiche attuali del nuovo tunnel (Tab. 1).

Tab. 1 - Le caratteristiche attuali del Monte Bianco

Lunghezza	11,6 km
Veicoli al giorno	4.500
% di veicoli pesanti	40
Velocità max consentita	70 km/h
Aree di sosta	ogni 600 m
Telecamere	ogni 100 m
Estintori	ogni 100 m
Idranti	ogni 120 m
Uscite di emergenza	ogni 300 m
Telefoni di emergenza	ogni 200 m

Tra le opere realizzate all'interno della galleria, lunga 11,6 km, figurano 37 rifugi (uno ogni 300 m) che possono resistere al fuoco per due ore e sono preceduti da una zona filtro. Dai rifugi si raggiungono le vie di fuga sotterranee che conducono ai due piazzali esterni. Nei canali è previsto l'impiego di mezzi elettrici per il trasporto dei feriti. Ogni 100 m è installata una nicchia di sicurezza; l'estrazione dei fumi è garantita da 116 bocche di aspirazione e da 76 ventilatori sulla volta della galleria mentre la rete antincendio dispone di quattro serbatoi da 120 m³ ciascuno.

Tre squadre di vigili del fuoco saranno pronte ad entrare in azione 24 ore su 24 con mezzi a guida laser. Il sistema di sicurezza è completato da portali tectografici agli ingressi per rilevare temperature anomale dei veicoli, da 126 telecamere, 36 pannelli per avvisi luminosi, barriere meccaniche e semafori per fermare il traffico.

5. La nuova pavimentazione stradale

Riguardo il rifacimento del manto stradale, analizziamo quanto messo a punto dalla Totalfinalelf che ha strettamente collaborato con la Direzione Lavori (D.L.) franco-italiana, sotto il controllo del SITMB-ATMB (rispettivamente la società Italiana e Francese concessionarie del tunnel del Monte Bianco), al fine di ottimizzare il conglomerato alle particolari condizioni di esercizio della sovrastruttura stradale all'interno del tunnel.

Lo studio per il rifacimento dell'intero manto stradale (11,6 km) deve infatti ottemperare le severe caratteristiche di sicurezza e qualità richieste dalla D.L.

6. La scelta del conglomerato

Le particolari condizioni ambientali e di traffico (temperature all'estremità che variano da -15 a +15 °C, temperatura interna costante a 28 °C, traffico prevalentemente pesante con circa 2.100 passaggi/giorno per corsia) del tunnel hanno portato alla scelta di un bitume modificato altamente resistente all'ormaiamento ed alle fessurazioni (alle basse temperature previste agli ingressi del tunnel).

La messa a punto di un particolare bitume modificato, prodotto con processo chimico anziché fisico, realizzato presso i laboratori del CRES di Lione, conferisce

al prodotto una elevata capacità di assorbimento agli shock termici ed una ottima resistenza alla deformazione permanente.

La pavimentazione del tunnel è costituita da 3 strati di rivestimento. Partendo dal basso verso l'alto si ha:

- il primo di 1 cm per l'impermeabilizzazione dallo strato sottostante (conglomerato Splittmastix);
- il secondo di circa 3 cm per lo strato di *reprofilage* o di allineamento del fondo stradale;
- il terzo di 4 cm per il tappeto di usura.

La normativa francese NF P 98, riguardante i conglomerati bituminosi sottili (BBM) fino a 4 cm di spessore, impone delle *performance* meccaniche minime. Per il tappeto d'usura del tunnel le specifiche richieste sono state severissime come si evince dalla tabella seguente:

Specifiche	NF P 98	Tunnel
PCG a 50 giri	88-93%	91-96%
Duriez r/R	>0,75	>0,80
Ornamento	<10% a 30.000 cicli	<5% a 50.000 cicli
Rugosità HSv	>0,7	>0,7
Resistenza	>0,5 (BBTM)	>0,75 (CRES)

Il Centro di Ricerche di Lione al fine di ottenere un risultato di 4,7 % di ormaia del tappeto d'usura con un passaggio di 50.000 cicli alla temperatura di 60 °C che rispettasse anche tutte le altre specifiche previste dalla normativa di cui sopra, ha sviluppato i seguenti punti ottenendo i risultati richiesti:

- studio dell'analisi granulometrica dei materiali a disposizione (serpentino);
- definizione della curva granulometrica (Tab. 2):

Tab. 2 - Curva granulometrica del tappeto di usura

		MVR
Sabbia 0/4	41,50%	2,83 g/cm ³
Inerte 4/8	0%	2,81 g/cm ³
Inerte 7/12	36%	2,82 g/cm ³
Inerte 12/18	15%	2,82 g/cm ³
Filler	7,50%	2,69 g/cm ³

- definizione della quantità di bitume modificato 13/20 da impiegare: 5.4%;
- la prova di compattazione alla pressa giratoria (PCG) compresa tra 91 e 96% a 50 giri ha ottenuto per uno strato di usura anti-ormaia di 4 cm (Tab. 3);

Tab. 3 - Prova di compattazione alla pressa giratoria

n° di giri	Comp. media
5	82,4
10	85,2
15	86,8
20	88
25	88,9
30	89,7
40	90,9
50	91,7
60	92,4
80	94
100	94,3
120	94,9
150	95,6
200	96,5

- prova di immersione/compressione Duriez (descritta dalla NF P 98-251-1) per la determinazione della resistenza all'acqua espressa in Mpa. Si tratta di compattare 2 lotti di 4 provette ciascuno (uguali per altezza, diametro e peso), di conservare il primo lotto nell'acqua a 18 °C, il secondo lotto all'aria a 18 °C e 50% di umidità, per circa 7 giorni. Successivamente si compara la resistenza media alla pressione delle provette in acqua (r) e la resistenza media di quelle conservate all'aria (R); più il rapporto r/R è elevato e più

la resistenza del conglomerato all'acqua è forte: il risultato ottenuto è stato di r/R = 0,87 contro una richiesta per il tunnel superiore a 0,80 (tale prova si è resa necessaria a causa delle possibili infiltrazioni di acqua alle quali è sottoposta la volta del tunnel);

- prova d'*ornierage* o di ornamento al simulatore di traffico ha ottenuto i seguenti valori riportati in Tab. 4:

Tab. 4 - Risultato della prova di ornamento

	Media delle ormaie delle due placche (%)
Compattazione del conglomerato	91,4
Ormaia dopo 100 cicli	1,6
Ormaia dopo 300 cicli	2,3
Ormaia dopo 1.000 cicli	2,7
Ormaia dopo 3.000 cicli	3,4
Ormaia dopo 10.000 cicli	4,1
Ormaia dopo 30.000 cicli	4,3
Ormaia dopo 50.000 cicli	4,7

La prova consiste nel preparare due placche di conglomerato bituminoso (180mm x 500mm x 100mm) e nel simulare un traffico, "rullante" di 50.000 cicli (con

il simulatore di traffico) ad una temperatura costante di 60 °C e misurare la media di ormaia verificata in mm sulle due placche. Il valore ottenuto è stato di 4,7% di ormaia a 50.000 cicli con una richiesta per il tunnel inferiore al 5%, ed una domanda da parte della NF P 98 inferiore a 10% a 30.000 cicli;

- la prova per la determinazione della rugosità del tappeto d'usura con il metodo volumetrico HSV (*Hauteur au Sable Vraie*) dove più il valore è elevato e più la rugosità è alta, previsto dalla NF P 98-216-1 e confermato per il tunnel con un valore superiore a 0,7, ha dato un valore di 0,75 prima e 0,65 dopo il passaggio di 50.000 cicli. Quindi nella nonna NF P 98-137 si trova un metodo per stimare la "resistenza" della rugosità comparando il valore HSV prima e dopo il traffico simulato (normalmente dopo soli 3.000 cicli) e per il tunnel il valore ottenuto è stato di 0,86 (dopo 50.000 cicli). Questo significa che più il rapporto è grande, migliore è la resistenza della rugosità.

Il conglomerato così formulato rientra nelle specifiche richieste dalla Direzione Lavori e garantisce una buona resistenza soprattutto alle deformazioni permanenti. Questo particolare conglomerato può anche essere utilizzato su strade ed autostrade con un'elevata concentrazione di traffico.

7. La posa in opera

La posa in opera del conglomerato bituminoso ha sottoposto due squadre di lavoro di 9 persone ciascuna a lavorare in condizioni particolari:

- i tempi di esecuzione della stesa del conglomerato si sono protratti per circa 6 mesi (maggio - novembre 2001), a causa delle difficoltà di respirazione nel tunnel, che hanno circoscritto notevolmente i tempi di stesa negli orari notturni dei week-end (dalle 19.00 alle 07.00);
- sono state utilizzate vibrofinitrici con banco di 4.5 metri per effettuare le ricariche e lo strato di Splittmastix e una vibrofinitrice con banco di 7 metri per la stesa del tappeto di usura con unica battuta;
- utilizzo di tre centrali di produzione di conglomerato (Sarre, Issogne, Borgofranco d'Ivrea) per assicurare la quantità/ora di conglomerato necessaria alle squadre;
- tempi ristretti nella compattazione del conglomerato steso, a causa della velocità di raffreddamento dello stesso dovuta, al centro del tunnel, alla potente ventilazione creata artificialmente per mezzo delle pompe e, vicino alle estremità, al forte vento che si infiltrava nella singola canna (vista l'altitudine alla quale è situato l'ingresso: circa 1300 metri).

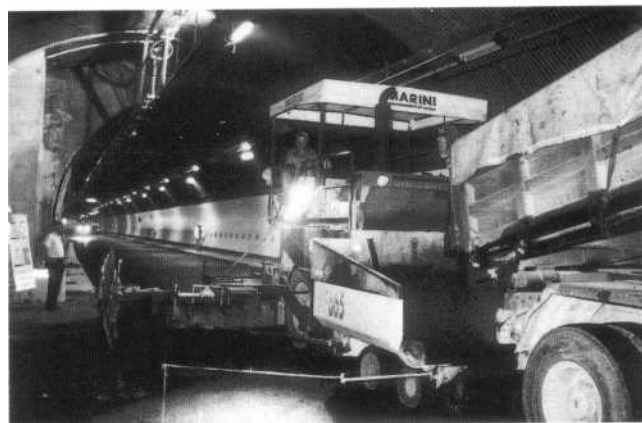
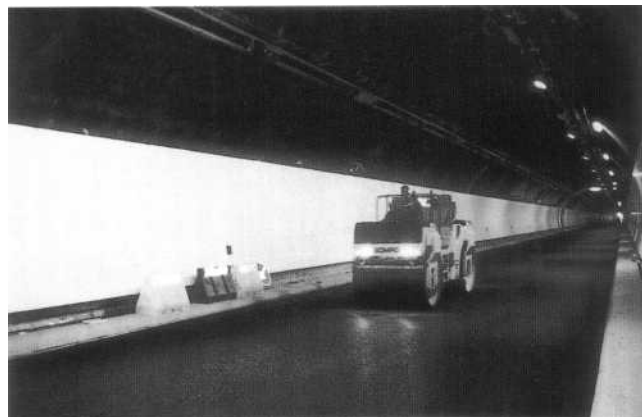


Fig. 4

8. Considerazioni conclusive

Dopo quasi 3 anni tra progettazioni di avanguardia, studi tecnologici avanzati, esecuzione dei lavori, la riapertura del traforo é prevista per gennaio 2002. Il tunnel del Monte Bianco dovrebbe essere diventato un'opera davvero unica al mondo sotto il profilo della qualità e della sicurezza.

Nelle foto (Fig. 4) sono mostrate alcune immagini dei lavori di rifacimento.