

SOCIETÀ  
DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI  
IN TORINO

ANNALI DI RASSEGNA TECNICA

Anno 120

XLI - 4

NUOVA SERIE

APRILE 1987

CONVEGNO SUI TRAFORI DEL PIEMONTE E DELLA VALLE D'AOSTA

POLITECNICO DI TORINO  
SISTEMA BIBLIOTECARIO

GIORNATA: IPOTESI DI SVILUPPO

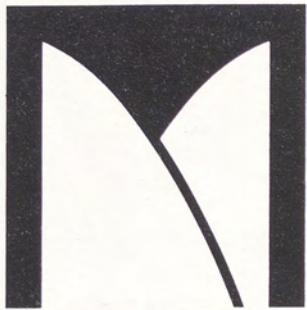
TORINO, 20 NOVEMBRE 1986

I SESSIONE

PER  
15  
3059

EDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE - GR. III/70 - MENSILE

BIBLIOTECA DI INGEGNERIA



**MACIOTTA**

**Costruttori dal 1895**

IMPRESA COSTRUZIONI  
**ING. GIOVANNI MACIOTTA S.P.A.**  
CAPITALE SOCIALE 1.500.000.000

10129 TORINO - CORSO G. FERRARIS 120  
TEL. (011) 59 46 26 RIC. AUT. - TELEX 214143 MACTO I

# ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

NUOVA SERIE - ANNO XLI - N. 4 - APRILE 1987

## SOMMARIO

### CONVEGNO SUI TRAFORI DEL PIEMONTE E DELLA VALLE D'AOSTA

#### 6<sup>a</sup> GIORNATA: IPOTESI DI SVILUPPO

TORINO, 20 NOVEMBRE 1986

Presidenza: S. PELIZZA - A. RUSSO FRATTASI

Premessa..... pag. 73

Apertura: L. STRAGIOTTI, *Saluto dell'Associazione Mineraria Subalpina e introduzione alla 6<sup>a</sup> Giornata*

R. GABETTI, *Saluto della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*

E. BOTTI, *Saluto della Società Italiana Gallerie.....* » 74

Presentazione della 6<sup>a</sup> Giornata: a cura del Comitato Organizzatore (L. BREZZI, G. FULCHERI, U. GENERO, V. BADINO, M. GOVI, S. PELIZZA)..... » 75

#### I Sessione

##### Aspetti tecnici della costruzione e dell'esercizio dei trafori.

Coordinatore: S. PELIZZA

##### Relazioni:

S. PELIZZA, *Aspetti tecnici della costruzione dei trafori.....* » 79

M. CARRARA, *Prospettive di interventi gestionali sugli attraversamenti stradali alpini.....* » 82

V. FERRO, *Orientamenti recenti nella ventilazione dei trafori....* » 89

F. CUAZ, *La sicurezza nei trafori stradali.....* » 93

C. FOCACCI, F. MONTANARI, *Il nuovo valico ferroviario del Brennero inteso come prima fase funzionale del quadruplicamento Monaco-Verona.....* » 98

G. DESIDERIO, *Esperienze di gestione del Traforo autostradale del Fréjus e ipotesi di sviluppo.....* » 103

E. NOUSSAN, *Andamento e prospettive del traffico dopo oltre vent'anni di esercizio del Traforo del Gran San Bernardo.....* » 106

F. CUAZ, *Recenti esperienze nella gestione del Traforo del Monte Bianco.....* » 111

Direttore: Roberto Gabetti

Vice-direttore: Elena Tamagno

Redattore-capo: Francesco Barrera

Comitato di redazione: Giovanni Bardelli, Guido Bonicelli, Giuseppe Camoletto, Vera Comoli Mandracchi, Rocco Curto, Giorgio De Ferrari, Mario De Giulis, Marco Filippi, Piero Gastaldo, Gian Federico Micheletti, Vittorio Nasce, Franco Pennella, Mario Federico Roggero, Cristina Sertorio-Lombardi, Giovanni Torretta, Giuseppe Varaldo, Anna Maria Zorgno Trisciuoglio.

Comitato di Amministrazione:

Presidente: Giuseppe Fulcheri

Segretario: Laura Riccetti

Vice Segretario: Emanuela Recchi

Tesoriere: Giorgio Rosental

Sede: Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, Corso Massimo d'Azeleglio 42, 10125 Torino, telefono 011 - 6508511

ISSN 0004-7287

Periodico inviato gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.





CONVEGNO SUI TRAFORI DEL PIEMONTE  
E DELLA VALLE D'AOSTA

**CONVEGNO SUI TRAFORI DEL PIEMONTE  
E DELLA VALLE D'AOSTA**

**6<sup>a</sup> GIORNATA:  
IPOTESI DI SVILUPPO**

**TORINO, 20 NOVEMBRE 1986**



# CONVEGNO SUI TRAFORI DEL PIEMONTE E DELLA VALLE D'AOSTA

## 6<sup>a</sup> GIORNATA: IPOTESI DI SVILUPPO

TORINO, 20 NOVEMBRE 1986

Presidenza: Sebastiano PELIZZA - Alberto RUSSO FRATTASI

### Premessa

#### Apertura

Lelio STRAGIOTTI: *Saluto dell'Associazione Mineraria Subalpina e introduzione alla 6<sup>a</sup> GIORNATA*

Roberto GABETTI: *Saluto della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*

Erberto BOTTI: *Saluto della Società Italiana Gallerie*

#### Presentazione della 6<sup>a</sup> GIORNATA

a cura del Comitato Organizzatore

(Lorenzo Brezzi, Giuseppe Fulcheri, Ugo Genero, Vanni Badino, Mario Govi, Sebastiano Pelizza)

### I Sessione

#### Aspetti tecnici della costruzione e dell'esercizio dei trafori

Coordinatore: Sebastiano PELIZZA

#### Relazioni

Sebastiano PELIZZA, *Aspetti tecnici della costruzione dei trafori*

Mario CARRARA, *Prospettive di interventi gestionali sugli attraversamenti stradali alpini*

Vincenzo FERRO, *Orientamenti recenti nella ventilazione dei trafori*

Franco CUAZ, *La sicurezza nei trafori stradali*

Carlo FOCACCI, Francesco MONTANARI, *Il nuovo valico ferroviario del Brennero inteso come prima fase funzionale del quadruplicamento Monaco-Verona*

Giovanni DESIDERIO, *Esperienze di gestione del Traforo autostradale del Fréjus e ipotesi di sviluppo*

Emilio NOUSSAN, *Andamento e prospettive del traffico dopo oltre vent'anni di esercizio del Traforo del Gran San Bernardo*

Franco CUAZ, *Recenti esperienze nella gestione del Traforo del Monte Bianco*

### II Sessione

#### Le grandi direttive piemontesi di traffico nella pianificazione delle comunicazioni.

Coordinatore: Alberto RUSSO FRATTASI

#### Relazioni

Giuseppe CERUTTI, *I collegamenti internazionali e interregionali del Piemonte nel nuovo piano regionale dei trasporti*

Augusto FOSSON, *Le direttive di traffico nella R.A. Valle d'Aosta*

Francesco FERRAZIN, *Il potenziamento della viabilità statale verso i confini della Regione*

Carlo IANNIELLO, *Realtà e prospettive dei collegamenti ferroviari tra i porti liguri e l'oltre-Appennino alla luce del Piano Integrativo F.S.*

Lucillo ORNATI, *Collegamenti autostradali ai trafori del Piemonte e Valle d'Aosta*

Pier Giorgio PAGANO, *I collegamenti attraverso l'arco alpino*

Carlo ZAMBRUNO, *I collegamenti con i porti liguri*

Yves GUERPILLON, *L'autoroute A40 entre Lyon et Genève*

Giuseppe VASSALLO, *L'asse Cuneo-Alba-Asti: collegamento stradale fra un nuovo traforo nelle Alpi e la rete viaria padana*

Marco FAGNOLA, *Prospettive di un nuovo valico attraverso le Alpi Marittime*

Alberto CHIARAVIGLIO, *Il collegamento ferroviario Aosta-Martigny*

### Interventi



## Premessa

*Il titolo del Convegno «I Trafori del Piemonte e della Valle d'Aosta» è generale, ma il suo sottotitolo specifica: «Un Problema di Pianificazione»; i due argomenti, sempre tra loro connessi, lo sono in modo particolare per il Piemonte, per la sua caratteristica conformazione orografica: infatti se il Piemonte vuole migliorare i suoi collegamenti con la Francia, con la Svizzera e con i porti liguri, deve necessariamente fare riferimento ai trafori, esistenti o futuri, se proponibili, ed al potenziamento della viabilità stradale e ferroviaria ad essi collegata. Il primo ciclo del Convegno, proponendosi di approfondire nei suoi diversi aspetti e per settori di interesse lo studio dei grandi trafori, si è articolato nelle seguenti Giornate di studio:*

*1<sup>a</sup> Giornata - Torino, 30-10-1981  
TECNICA ED ECONOMIA DEI TRAFORI*

*2<sup>a</sup> Giornata - Cuneo, 23-4-1982 e Nizza, 24-4-1982  
I COLLEGAMENTI CON LA FRANCIA*

*3<sup>a</sup> Giornata - Alessandria, 25-6-1982 e Genova, 26-6-1982  
I COLLEGAMENTI COI PORTI LIGURI*

*4<sup>a</sup> Giornata - Novara, 26-11-1982 ed Aosta, 27-11-1982  
I COLLEGAMENTI CON LA SVIZZERA*

*5<sup>a</sup> Giornata - Torino, 27-5-1983  
PROSPETTIVE E PROPOSTE PER LE GRANDI  
DIRETTRICI PIEMONTESI DI TRAFFICO.*

*A tre anni da questo primo ciclo di incontri si è ritenuto utile proporre una verifica della situazione e delle prospettive inerenti sia gli aspetti tecnici della costruzione e dell'esercizio dei trafori, sia quelli territoriali e infrastrutturali dei collegamenti internazionali e interregionali attraverso le grandi direttrici di traffico che interessano il Piemonte e la Valle d'Aosta. Questa 6<sup>a</sup> Giornata dedicata dunque alle IPOTESI DI SVILUPPO delle tematiche già trattate nelle precedenti cinque giornate si è svolta presso il Politecnico di Torino il 20 novembre 1986.*

*Il presente fascicolo e il successivo ne raccolgono gli Atti.*

## Apertura

*Lelio Stragiotti (\*): dà inizio ai lavori della 6<sup>a</sup> Giornata porgendo ai convenuti il saluto della Associazione Mineraria Subalpina e del Politecnico, nella cui sede si svolge il Convegno e che si fa così garante dell'impegno tecnico; ringrazia in particolare i relatori che nel corso della giornata daranno preziosi contributi allo studio ed approfondimento dei problemi argomento del Convegno. Conclude il suo intervento rilevando come l'attuale situazione politico economica faccia concretamente sperare in una prossima consistente ripresa di lavori per opere pubbliche ed auspicando che tra questi possa essere compreso qualche grande traforo.*

*Roberto Gabetti (\*\*): porta il saluto della Società degli Ingegneri e degli Architetti ricordando l'interesse per i problemi del territorio che il sodalizio ha sempre dimostrato ed in particolare nel recente passato, sotto la presidenza del prof. Federico Roggero, con lo svolgimento delle cinque precedenti giornate del Convegno sui Trafori.*

*Erberto Botti (\*\*\*): nel porgere il saluto della Società Italiana Gallerie rileva l'importanza del Convegno perché dibatte problemi molto attuali connessi alla crescente domanda di trasporti anche internazionali attraverso l'Italia; ricorda che la loro soluzione è legata alla realizzazione di grandi trafori e come la loro costruzione sia resa oggi più facile dai molti progressi tecnici raggiunti.*

(\*) Ingegnere, Presidente della Associazione Mineraria Subalpina.

(\*\*) Architetto, Presidente della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.

(\*\*\*) Ingegnere, Presidente della Società Italiana Gallerie.

## Presentazione della 6<sup>a</sup> Giornata

Risale al 30 giugno 1981 il primo comunicato stampa col quale la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino e l'Associazione Mineraria Subalpina proponevano lo svolgimento di un Convegno per approfondire nei suoi diversi aspetti lo studio dei grandi trafori stradali e ferroviari realizzabili nel settore occidentale alpino e dare così il loro contributo per la soluzione del connesso problema delle comunicazioni del Piemonte e della Valle d'Aosta con i Paesi e le Regioni confinanti. Con felice intuizione fu scelta per lo svolgimento del Convegno una soluzione itinerante in cinque Giornate da tenersi nei capoluoghi delle province più vivamente interessate agli specifici problemi territoriali. Le Giornate di studio si svolsero nell'arco di tempo di 18 mesi, tra il 30 ottobre 1981 ed il 27 maggio 1983, e furono in realtà sette, essendosi aggiunte alle sedi previste di Torino, Cuneo, Alessandria e Novara, anche quelle di Genova ed Aosta, oltre agli incontri in Francia (Nizza) e in Svizzera. Complessivamente gli iscritti al Convegno furono circa 600 con una qualificata partecipazione anche di rappresentanti francesi e svizzeri. Dopo una prima Giornata introduttiva dedicata ai problemi tecnici di costruzione delle gallerie seguirono tre Giornate, la 2<sup>a</sup>, la 3<sup>a</sup>, e la 4<sup>a</sup>, nelle quali vennero esaminate la situazione esistente e le possibilità future dei collegamenti rispettivamente con la Francia, coi porti liguri e con la Svizzera. La quinta Giornata, svolta a Torino, si proponeva di fare una sintesi di tutta la materia trattata, mettendo a confronto le diverse prospettive emergenti dalle proposte di 15 nuovi trafori (6 con la Francia, 3 con la Svizzera, 6 con la Liguria).

Al Convegno sono state presentate in totale 66 relazioni ed una cinquantina di interventi, una somma di informazioni e di dottrina che è poi stata raccolta e pubblicata negli Atti a cura dei sodalizi promotori.

Dalla rilettura degli Atti il Comitato Organizzatore è pervenuto alle seguenti sintetiche conclusioni.

La tecnica dei lavori in sotterraneo è oggi in grado di superare difficoltà una volta impensabili, per cui anche in condizioni geologiche avverse, peraltro prevedibili e valutabili con le più accurate indagini geologiche e geotecniche e senza eccessivi aggravi di tempo e di costi, è sempre possibile la costruzione di lunghe gallerie.

D'altra parte si deve constatare che non sono sostanzialmente diversi i costi unitari di costruzione di un traforo e delle strade d'accesso in zone montane; nella scelta di un tracciato quindi non è tanto determinante la posizione del traforo in favorevole condizione orografica o la sua minore lunghezza, ma piuttosto la possibilità di realizzare strade e ferrovie con percorrenze minori, con deboli pendenze ed a quote più basse, così da avere collegamenti più rapidi e più sicuri con significativi risparmi energetici per tutti i veicoli transitanti.

Semmai un limite alla lunghezza delle gallerie ferroviarie può essere imposto dal complicarsi dei problemi di esercizio e, per le gallerie stradali di valico, da problemi di ventilazione o di ordine psicologico. Ne deriva che nelle scelte alternative prevalgono sui problemi tecnici quelli politici ed economici in senso lato. Non il costo di costruzione delle opere, che per la loro durata secolare

*ha bassi tassi di ammortamento, ma il costo dei trasporti e la funzionalità della scelta deve guidare la pianificazione delle grandi comunicazioni.*

*Nella programmazione delle opere pubbliche il costo è uno degli elementi in gioco, ma non il più importante; importante è realizzare opere durature che rispondano pienamente e nel modo migliore allo scopo per il quale sono destinate.*

*Per quanto riguarda gli interventi da realizzare ai fini della rottura dell'isolamento del Piemonte, dai lavori delle cinque Giornate di studio sono emersi prioritari, nel campo delle opere stradali:*

- *il collegamento del Piemonte con il Sud-Est della Francia, da attuarsi con due opere importanti: un traforo che sottopassi lo spartiacque alpino del massiccio Argentera-Mercantour, da realizzarsi con la migliore tra le varie soluzioni tecniche proposte, e la costruzione della nuova strada a scorrimento veloce Asti-Alba-Cuneo;*
- *il miglioramento del collegamento del Piemonte col Ponente ligure, con la costruzione del Traforo di Nava che apre le comunicazioni sia con Imperia che con Albenga e le necessarie migliorie di tutta la viabilità connessa sui due versanti;*
- *il già previsto completamento del raddoppio dell'autostrada Torino-Savona;*
- *il sollecito completamento dell'autostrada della Valle Susa;*
- *la realizzazione in Valle d'Aosta del collegamento autostradale col traforo del Monte Bianco e delle indispensabili migliorie alla strada del Gran San Bernardo;*
- *il sollecito procedere dei lavori di costruzione della tratta Stroppiana - Gravellona della A26 e l'avvio di indispensabili miglioramenti viari nel successivo tratto verso il valico del Sempione.*

*Per quanto concerne poi le ferrovie, oltre ai generali miglioramenti previsti per l'intera rete, ivi compreso il decongestionamento del nodo di Torino, prevalgono per la loro importanza quelle opere indispensabili ed indilazionabili per realizzare efficaci collegamenti coi porti di Genova e Savona dei quali da tempo si parla: terzo valico e bretella di Voltri, nonché i miglioramenti della linea Fossano-Savona, con la costruzione di una nuova tratta comprendente una galleria di 12 km per l'eliminazione della strozzatura nel tratto Ceva - S. Giuseppe di Cairo.*

*La precedente 5<sup>a</sup> Giornata del Convegno sui trafori del Piemonte e della Valle D'Aosta si concludeva con una mozione che, evidenziando i significativi risultati emersi, prospettava l'opportunità di un proseguimento degli intenti, studi e contributi e l'attuazione in futuro di altre Giornate del Convegno stesso; da quel giorno sono passati tre anni e, prendendo atto con soddisfazione che alcune proposte si stanno realizzando, ci è sembrato opportuno promovere con questa 6<sup>a</sup> Giornata un riesame ed un aggiornamento dei temi del Convegno.*

### **Il Comitato Organizzatore**

<i>Lorenzo Brezzi</i>	<i>Vanni Badino</i>
<i>Giuseppe Fulcheri</i>	<i>Mario Govi</i>
<i>Ugo Genero</i>	<i>Sebastiano Pelizza</i>

**Aspetti tecnici della costruzione e dell'esercizio dei trafori**

**I Sessione**

**ASPETTI TECNICI DELLA COSTRUZIONE  
E DELL'ESERCIZIO DEI TRAFORI**

**Coordinatore: prof. ing. Sebastiano PELIZZA**



# Aspetti tecnici della costruzione dei trafori

Sebastiano PELIZZA (\*)

Le brevi note oggetto di questo intervento fanno seguito ed hanno lo scopo di integrare quanto fu scritto nella comunicazione su «Evoluzione delle tecniche di scavo e di sostegno» che venne presentata in occasione della Prima Giornata di Studio del Convegno su «Trafori del Piemonte e della Valle d'Aosta» che si tenne a Torino il 30/10/81.

Da allora qualche novità nella costruzione delle gallerie si è avuta o si è consolidata: di ciò si è trattato in svariati successivi congressi l'ultimo dei quali, di rilevante risonanza internazionale, si è svolto a Firenze nello scorso giugno sul tema «Grandi opere sotterranee», organizzato dalla Società Italiana Gallerie. Facendo riferimento alle risultanze di quest'ultimo convegno, emergono tre argomenti fondamentali: la diffusione dell'applicazione del Nuovo Metodo Austriaco per la costruzione delle gallerie NATM; la diffusione del consolidamento dei terreni e delle rocce per agevolare lo scavo ed il sostegno; la diffusione della galleria esplorativa perforata preventivamente. In effetti si assiste oggi alla tendenza di aprire l'intera galleria, opportunamente armata con i sostegni di prima fase, per realizzare il getto del rivestimento in un'unica soluzione a sezione intera dando la precedenza alla costruzione dell'arco rovescio e/o alle murette ed all'arco rovescio, con lo scopo di chiudere il più rapidamente possibile l'intero anello di sostegno. Ciò al fine di ottenere un rivestimento più continuo e di agevolare la messa in opera dell'impermeabilizzazione integrale della galleria con telo continuo in pvc, tecnica imperante oggi soprattutto nelle gallerie stradali. A tale fine le armature di prima fase assumono una funzione di rilevante importanza, che è quella di mantenere aperta l'intera sezione prima che ne venga fatto il rivestimento. In tale contesto permaneggono sul mercato italiano due diverse filosofie (Fig. 1):

- la prima (che si può anche chiamare «metodo pesante» o tradizionale) che considera gli interventi di sostegno prima del rivestimento come provvisori, a funzione temporanea, finalizzati al sostegno del cavo nel breve termine: con ciò si conferisce il ruolo di sostegno a lungo termine del cavo al rivestimento in calcestruzzo gettato in opera;
- la seconda filosofia (che si può chiamare di «stabilizzazione preventiva» o «metodo legge-

ro») considera gli interventi di sostegno di prima fase come mezzi per impedire il degrado meccanico, per dilatazione, della massa rocciosa e per utilizzare le sue caratteristiche di resistenza, con provvedimenti esecutivi da scegliere di volta in volta in funzione delle condizioni della roccia attraversata dallo scavo, al fine di conseguire la stabilità permanente dell'opera: con ciò — grazie agli interventi di stabilizzazione preventiva e/o di consolidamento immediato nel terreno — si influenza il comportamento tensio-deformativo della galleria nei tempi lunghi, per cui il rivestimento finale in calcestruzzo viene dimensionato tenendo conto anche del ruolo esercitato dai sostegni di prima fase ed assume in generale una funzione solo di rifinitura e di sostegno del telo di impermeabilizzazione. A tale secondo metodo si ispira il cosiddetto Nuovo Metodo Austriaco per la costruzione della gallerie - NATM: esso ha ormai avuto nel mondo ed anche in Italia una lunga sperimentazione (tecnica e contrattuale) che ne consente un'applicazione viepiù generalizzata: ciò non tanto per rocce «medie» e «buone» dove in fondo qualunque metodologia può essere agevol-

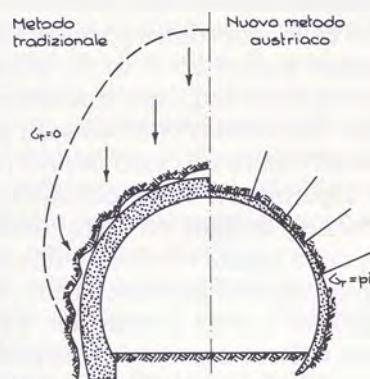


Fig. 1 - Stato della roccia circostante lo scavo dovuto al metodo di costruzione.

mente impiegata, ma piuttosto nelle rocce «cattive» ove il metodo pesante comporta soluzioni tecniche terribilmente ed inutilmente massicce, difficili ed onerose. Il nuovo metodo austriaco è — com'è noto — un metodo di costruzione di natura sperimentale, che si basa sull'applicazione immediata (appresso allo scavo) sulle pareti della galleria di una pressione

(\*) Ingegnere, Professore ordinario di Arte Mineraria nel Politecnico di Torino.

di confinamento che consente di raggiungere l'equilibrio della struttura attraverso una certa deformazione del cavo (convergenza). I sostegni di prima fase che — come detto — assumono un ruolo fondamentale debbono essere deformabili in una certa misura; essi sono costituiti da:

- un carapace relativamente sottile (sino a 25-30 cm) di calcestruzzo proiettato applicato eventualmente in passate successive sulle pareti dello scavo;
- un anello di roccia all'estradosso posto in condizioni di sollecitazione triassiale, che deformandosi acquista a sua volta capacità portante;
- l'arco rovescio, che chiude l'anello di opere di sostegno.

L'arco di roccia portante prima citato è posto in condizioni di sollecitazione triassiale mediante una compressione radiale esercitata da bulloni d'armatura appunto radiali, in prima istanza di tipo passivo, che assumono carico (esercitando la compressione radiale) via via che l'anello di roccia così contenuto si deforma verso il cavo comprimendosi (e quindi senza dilatazione, per cui la massa rocciosa non perde le proprie caratteristiche geomeccaniche). Con tale capacità di partecipazione di una porzione della massa rocciosa al sostegno di se stessa viene ridotta l'entità delle opere di sostegno che altrimenti sarebbero necessarie. S'è detto che il nuovo metodo austriaco è un metodo di costruzione sperimentale: ciò nel senso che i sostegni di prima fase non debbono essere necessariamente definiti secondo schemi rigidi, ma possono venire reintegrati in corso d'opera in funzione delle necessità determinate dalla convergenza delle pareti del cavo, agevolmente misurabile e che diventa un indice numerico di facile misurazione e interpretazione delle acquisite condizioni di stabilità nel cavo. Per motivi contrattuali, peraltro, la roccia viene divisa in un certo numero di classi tecniche (ad esempio sei nella classificazione di Rabcewicz-Packer) definite da certe condizioni di discontinuità della massa rocciosa e da certi valori delle sue caratteristiche geomeccaniche, alle quali corrispondono certi schemi di sostegno. Ciò ha evidentemente un riflesso economico: la prassi è che venga pagato maggiormente lo scavo, tanto più quanto più pesanti sono i sostegni di prima fase necessari. Questo fatto porta inevitabilmente l'esecutore a valutare in modo pessimistico la classe di roccia che via via incontra ed abbastanza aleatori sono i metodi per definire una data classe! Al riguardo, si cita, condividendola, l'osservazione conclusiva che è emersa dalla prima più vasta esperienza italiana di applicazione del NATM: la costruzione della galleria per l'Autostrada della Carnia inaugurata il 3 luglio di quest'anno. Essa è resa in una comunicazione presentata da tecnici responsabili della SPEA (D'Amato, Pigorini e Ser-

ra) al recente congresso di Firenze (citato in apertura) e precisa che, anziché indicare un prezzo di scavo per ogni classe si definiscano solo due prezzi unitari:

- il primo per tutte quelle rocce che siano scavabili a piena o mezza sezione, per le quali sia comunque possibile stabilizzare lo scavo della calotta e quindi completare la sezione anche a notevole distanza di tempo in funzione delle esigenze di cantiere, e non statiche;
- il secondo, per quelle rocce nelle quali il sostegno ed il rinforzo di prima fase non consentono di stabilizzare definitivamente la calotta e nelle quali si rende quindi necessaria la tempestiva chiusura dell'anello roccioso bullonato con l'arco rovescio, vuoi attraverso più fronti di scavo molto o moltissimo ravvicinati, con evidenti relativi oneri, vuoi attraverso uno scavo a tutta sezione con ridotti sfondi di avanzamento.

Svincolato il tal modo dalla classe di roccia il più rilevante aspetto economico, si può con maggiore serenità definire le classi di roccia per stabilire l'entità dei sostegni, individuando la necessità di questi con le ordinarie indispensabili misurazioni di controllo del comportamento del cavo armato (convergenza, distensione, carichi applicati): e con ciò si ha la possibilità di adottare sostegni che non siano esuberanti, giacché l'imprenditore trova il suo beneficio maggiore nella massima possibile produzione unitaria di scavo e non nel porre in opera delle armature. La flessibilità operativa del NATM, basata sull'esperienza diretta in galleria che diviene il sondaggio di se stessa (il migliore sondaggio esplorativo!) non esime dalla necessità di un'indagine geognostica e geomeccanica preliminare che serve per individuare le condizioni di fattibilità dell'opera. In tale contesto, si va vieppiù diffondendo un'integrazione dei mezzi di indagine:

- da quella geologica di base, che serve per individuare le litologie e le grandi strutture;
- a quella geofisica, di base e di dettaglio, che serve fondamentalmente ad individuare le anomalie geomeccaniche negative;
- ai sondaggi meccanici con prelievo di campioni indisturbati.

In particolare nel caso dei trafori, che per definizione sono gallerie profonde, è assai dispendioso (per tempo e denaro) ed illusorio accettare in profondità, a quota galleria, in modo sistematico la situazione geologica mediante sondaggi: essi peraltro sono fondamentali. Un orientamento che si sta dimostrando proficuo è mirare il sondaggio profondo da un lato ad indagare le anomalie negative individuate con la geofisica, dall'altro lato a reperire campioni di roccia a comportamento anomalo (ad esempio le argille rigonfianti) che ren-

dono necessario un accurato studio preliminare di laboratorio al fine di predisporre gli interventi di sostegno e di consolidamento colà necessari per non correre il rischio di ritardare l'avanzamento della galleria quando vi si capiti inaspettatamente. Per il resto, si è constata l'utilità di sondaggi relativamente corti, tali da attraversare solo la parte di roccia alterata ed allentata in superficie per campionare a piccola profondità — sulla base di un avanzato studio geologico — la massa di roccia che presibilmente si troverà a quota galleria e definirne la classe di appartenenza, oppure per individuare l'andamento di eventuali discontinuità strutturali.

In tale settore delle indagini preventive, si è an-

data prepotentemente affermando anche in Italia l'esecuzione preventiva di una piccola galleria esplorativa o operativa (in quanto utilizzabile ad esempio per dei preconsolidamenti) da localizzare in generale all'interno della sezione di scavo della grande galleria (Fig. 2). La galleria esplorativa, di circa 10 m<sup>2</sup>, è eseguita con metodi tradizionali se relativamente corta, oppure con fresa meccaniche da roccia resistente con azione integrale (Fig. 3) quando le gallerie sono più lunghe: in Italia, attualmente, motivate anche da diversi scopi, sono state di recente realizzate in costruzione più di una decina di tali gallerie per lunghezze che vanno dai 2000 ai 13.000 m circa. La galleria esplorativa si è visto che presenta svariati vantaggi:

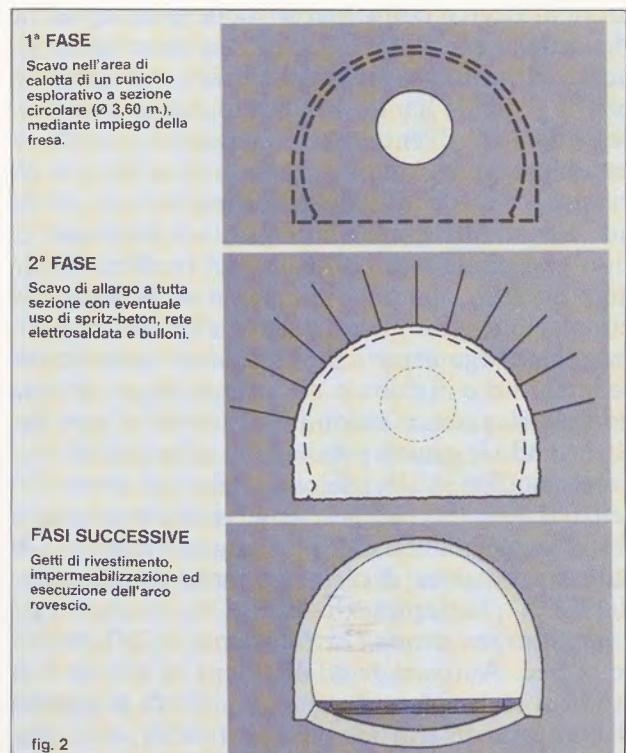


Fig. 2 - Esecuzione entro sezione della galleria esplorativa e/o operativa (cunicolo con fresa: ITALTRADE).

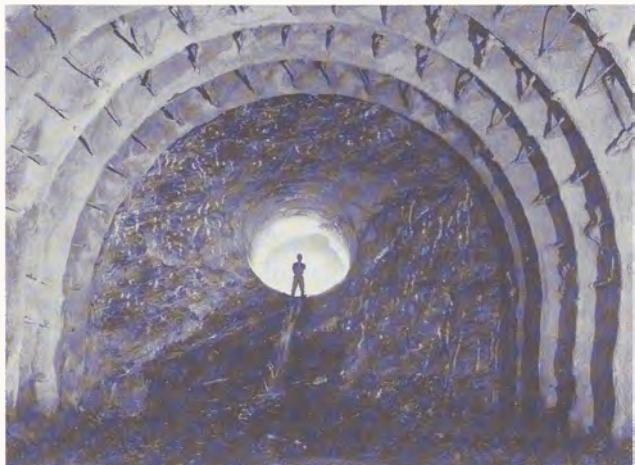


Fig. 3 - Cunicolo esplorativo eseguito con fresa per una galleria ferroviaria in roccia eterogenea ad anisotropa (COGEFAR).

- conoscenza dettagliata litologica, geostrutturale ed idrologica dell'ammasso roccioso;
- rilevamento puntuale del comportamento geomecanico del cavo con conseguente corretta progettazione preventiva delle opere di sostegno permanenti della grande galleria;
- drenaggio preventivo della massa rocciosa;
- possibilità di eseguire, preventivamente all'allargo, consolidamenti o prearmature della grande sezione;
- contenimento e migliore controllo delle vibrazioni indotte dalle volate di mine, giacché il preforo fa preventivamente conoscere bene la roccia, elimina la necessità delle mine di prima apertura (della rinora) le quali notoriamente generano le vibrazioni di maggiore intensità, e, in fase di allargo eseguibile con l'impiego di sole mine parallele all'asse dello scavo, consente di suddividere praticamente a piacere le singole cariche esplosive istantaneamente;
- possibilità di avanzamento anche in contropendenza nella fase di allargo;
- possibilità di aumentare i cantieri di allargo in contemporanea nel caso di gallerie collegabili con by-pass;
- contenimento dei tempi globali di esecuzione dell'opera;
- minor dispendio di risorse in fase di allargo, per ridotti consumi di esplosivo, e minori oneri per ventilazione, per evacuazione delle acque, per drenaggi.

L'applicabilità di un tale mezzo meraviglioso per lo scavo meccanico della piccola galleria è però delicato e deve essere condizionato all'esecuzione di un preventivo accurato studio geologico. Non esistendo ancora infatti una macchina universale, occorre poter scegliere la macchina più idonea per quella massa rocciosa; tuttavia la scel-

ta non è libera: occorre usare una macchina adatta a rocce resistenti, nelle quali possa conseguire elevate produzioni, da impiegarsi però non in formazioni rocciose che ne bloccino l'avanzamento per instabilità, con possibilità di mettere in opera dei sostegni provvisori (peraltro le condizioni di stabilità sono favorite dalla piccola sezione) semplici e poco onerosi, che verranno distrutti in fase

di allargo. Le prestazioni di tali macchine sono straordinarie, e non v'è dubbio che il loro impiego si andrà sempre più diffondendo per gli innegabili vantaggi prima visti che il cunicolo pilota è in grado di offrire. A fronte di solo 1-2 m/giorno in zone difficili (che sono proprio quelle che richiedono l'indagine), i 1000 e più metri al mese sono cosa ormai consueta.

## Prospettive di interventi gestionali sugli attraversamenti stradali alpini

Mario CARRARA (\*)

### INTRODUZIONE

Questo intervento, pur rientrando nel tema generale della seduta *Aspetti tecnici della costruzione e dell'esercizio dei trafori*, assume per certi aspetti caratteristiche leggermente anomale. Rispetto infatti a interventi relativi alla concreta costruzione di trafori o a interventi fondati su esperienze di esercizio, questa mia relazione ha solo l'obiettivo di presentare alcune prospettive di interventi gestionali e/o di controllo sugli attraversamenti stradali alpini. Gli organizzatori hanno pensato opportuno che questa tematica venisse inserita in questa seduta di lavoro e di ciò li ringrazio. Nell'ottica citata è innanzitutto necessario precisare che ci si riferisce non solo ad un traforo in quanto tale e cioè ai 10-15 km di galleria, ma alla completa infrastruttura composta dal tunnel e dalle vie di accesso lungo le valli di adduzione, per lo meno a partire dal punto di connessione al resto della rete autostradale o stradale. Gli attraversamenti in questa accezione rientrano, dal punto di vista della gestione del traffico, come elementi di una rete ai quali si deve rivolgere particolare attenzione sia per le caratteristiche planoaltimetriche, sia per le possibili condizioni meteorologiche avverse, sia, e soprattutto, poiché contengono al loro interno una tratta, appunto il traforo, di particolare delicatezza. Queste sono infatti risorse infrastrutturali ad alto costo di capitale e a capacità limitata che per essere sfruttate al meglio sempre più spesso necessitano di una regolazione del

traffico che le attraversa. Già oggi nei trafori il traffico è rigorosamente controllato e regolamentato e in qualche caso vi sono anche apparati che consentono di camminare e/o segnalare alle vetture il mancato rispetto di alcune norme di velocità e/o di distanziamento e altri elementi in merito saranno presentati in successive relazioni. Ma qui si tratta di segnalare all'attenzione alcuni sviluppi di ricerca con caratteristiche più ampie che riguardano anche il traffico extraurbano più in generale. I problemi posti dal traffico extraurbano più in generale hanno trovato un rinnovato interesse da parte di enti pubblici nazionali e organizzazioni sovranazionali che hanno dato luogo a diversi studi e anche a progetti dimostrativi, rivolti ad ottenere delle soluzioni basate su interventi di tipo gestionale e di controllo del traffico. Nella nuova ottica che si sta sviluppando a riguardo della circolazione stradale extraurbana quello che prima era un argomento a sé stante viene naturalmente integrato e inglobato all'interno di un sistema complessivamente autonomo e multifunzionale. Sfruttando le attuali potenzialità offerte dalla microelettronica e dalla telematica possono essere potenziati gli interventi gestionali tradizionali basati sull'impiego di cartelli a messaggio variabile e/o sulla trasmissione di messaggi radio. Nell'ambito del P.F.T., Sottoprogetto IV/1/C/2, *Interventi gestionali su reti stradali extraurbane*, il CNR tramite la Soc. Autostrade ed altri enti di ricerca e di studi, si sta occupando degli interventi gestionali di controllo del traffico più significativi, utilizzando anche l'esperienza acquisita dalla conoscenza di sistemi già realizzati e funzionanti, per studiare e progettare sistemi prototipo per risolvere al-

(\*) Ingegnere, Centro Studi sui Sistemi di Trasporto (C.S.T.)

cuni problemi del traffico stradale extraurbano e ridurre la portata di altri. Nella relazione di ricerca del CNR sono descritte alcune soluzioni, esaminate, dalle più semplici alle più complesse, operative oppure allo stadio progettuale, alcune delle quali già in funzione presso alcuni trafori (come già detto), altre potenzialmente applicabili. Principalmente dalla ricerca del CNR sono emerse gli obiettivi raggiungibili, le tipologie dei sistemi e i benefici possibili per tali applicazioni che vorrei brevemente riportare.

## OBIETTIVI E TIPOLOGIA DEI SISTEMI

### Obiettivi

Si intende per *obiettivo dell'intervento* lo scopo primario che si intende raggiungere e che può essere di carattere generale o particolare. Obiettivi generali sono:

- aumento della fluidità del traffico con conseguente riduzione dei tempi di viaggio;
- comunicazione tempestiva all'utente di informazioni di carattere generale sullo stato della transitabilità della rete e/o di tratte;
- comunicazione particolare (i trafori) all'Ente proprietario della strada di informazioni utili all'effettuazione di interventi ordinari e straordinari;
- ottimizzazione e omogeneizzazione del livello d'utilizzazione della rete stradale e/o di singole tratte particolari (i trafori);
- riduzione degli incidenti;
- riduzione dell'inquinamento;
- riduzione dei consumi.

Obiettivi particolari sono:

- riduzione della velocità in un tratto dove si consiglia o si impone un limite;
- mantenimento della distanza di sicurezza fra i veicoli;
- razionalizzazione degli accessi e degli svincoli autostradali;
- razionalizzazione degli attraversamenti di trafori e gallerie;
- regolazione della circolazione in presenza di condizioni atmosferiche avverse;
- regolazione della circolazione durante lavori di manutenzione, manifestazioni o incidenti;
- priorità al mezzo pubblico o di soccorso;
- guida per l'utente lungo un percorso prestabilito.

### Tipologia dei sistemi

Descriviamo brevemente la *struttura generale* di un sistema di controllo del trasporto extraurbano. Per quanto riguarda il sistema di rilevamen-

to dati si possono distinguere quelli che si basano sull'intervento umano da quelli che utilizzano apparecchiature automatiche. Del primo tipo sono:

- ricognizione delle pattuglie di polizia a terra;
- ricognizioni aeree.

Al secondo tipo invece appartengono:

- telecamere fisse o mobili;
- sensori di varia natura;
- stazioni meteorologiche dotate di pluviometri, anemometri, igrometri, fotocellule, termometri e radar;
- satelliti.

Prendendo in considerazione le grandezze rilevate in relazione al sistema utilizzato per il loro rilevamento (visivo o strumentale) vi possono essere semplici *osservazioni soggettive* o misure di *grandezze determinate*. Le osservazioni soggettive vengono effettuate dal personale incaricato in loco o a distanza, mediante telecamere sull'andamento del traffico, sulla presenza di incidenti o interruzioni e sulle condizioni meteorologiche. Le grandezze rilevate quantitativamente sono:

- la portata della strada;
- la velocità del flusso;
- la densità veicolare su di un tratto di arteria;
- la composizione del traffico (% di veicoli pesanti);
- la distanza intercorrente fra i veicoli successivi;
- la distanza di visibilità;
- i dati meteorologici quali densità del vento, temperatura, umidità, ecc.;
- i codici di identificazione di determinate categorie di veicoli e la loro destinazione.

Lo schema funzionale del sistema centrale di controllo è costituito da tre sottosistemi:

- 1) acquisizione dati;
- 2) archiviazione, elaborazione dati e formulazione dell'intervento;
- 3) regolazione del traffico mediante la comunicazione dell'informazione.

Alcuni sistemi prevedono l'intervento umano soprattutto nella fase di predisposizione del messaggio, mentre altri assolvono in forma completamente automatica a tutte le funzioni loro preposte. Relativamente al sottosistema 3) possiamo suddividere il sistema di visualizzazione o comunicazione all'utente nel modo seguente: il primo gruppo di sistemi prevede la visualizzazione del messaggio mediante *cartelli stradali a contenuto variabile di tipo elettronico o elettromeccanico*, cartelli luminosi ad accensione di messaggi fissi e semafori di vario tipo; il secondo sistema porta il messaggio *direttamente a bordo del veicolo* attraverso l'apparecchio radio (di serie o opportunamente predisposto) o mediante pannelli di bordo su cui compaiono messaggi e itinerari schematizzati.

Esiste infine il classico sistema della chiamata telefonica che consente di disporre di informazioni

preregistrate o formulate all'istante in apposite centrali operative. Il contenuto del messaggio è sostanzialmente costituito da *norme comportamentali o informazioni sullo stato della transitabilità o del traffico*. Le norme comportamentali sono messaggi contenenti velocità consigliata, distanza di sicurezza, itinerari alternativi che occorre seguire per evitare interruzioni o ingorghi, le deviazioni imposte per interruzioni, incidenti, condizioni meteorologiche (nebbia, neve, ghiaccio), riduzione della sezione stradale, ecc. In relazione all'intervento sulla rete stradale, alcuni messaggi o segnali comunicati dai sistemi gestionali hanno delle ripercussioni tangibili sull'assetto della rete stradale; relativamente agli impianti semaforici, ad esempio, l'intensità o la composizione del traffico sono in grado di variare le fasi o di imporre la chiusura di un accesso autostradale o di una o più corsie. Veicoli opportunamente predisposti, riconoscibili dal sistema, sono in grado di richiedere la priorità del transito agli incroci. Attraverso la semaforizzazione è possibile utilizzare sezioni stradali più idonee alla domanda di traffico esistente, sfruttando il medesimo principio della banalizzazione delle linee ferroviarie.

## BENEFICI CONSEGUIBILI

### *Valutazione dei benefici*

Per definire dei criteri valutativi dei vari sistemi proponibili occorre precisarne le possibili applicazioni:

- indicazione della direzione e della distanza della singola destinazione;
- guida statica: guida agli automobilisti verso la loro destinazione mediante l'indicazione di un percorso ottimizzato in accordo a prefissati criteri;
- guida dinamica: come sopra, ma indicando un percorso ottimizzato in considerazione della situazione di traffico presente;
- allarme automatico;
- trasmissione di chiamate di emergenza.

Le predette applicazioni interessano sia il guidatore che gli enti gestori delle strade, ad esempio:

- acquisendo dati sulle caratteristiche del traffico (velocità, densità, ecc.);
- identificando e rilevando veicoli speciali;
- rilevando incidenti stradali.

Al momento non sono disponibili dati precisi per la valutazione dei benefici che si possono trarre con i diversi sistemi. Vi sono altri fattori (attualmente oggetto di studi e ricerche) non ancora facilmente individuabili come:

- il progetto tecnico completo dei sistemi;
- il numero degli autoveicoli equipaggiati;

- la prontezza del guidatore nell'indicare la sua informazione individuale al sistema;
- la estensione della rete stradale prevista nel progetto (es. strade, autostrade, reti urbane);
- le fasi dell'implementazione;
- la possibilità di controllo dinamico.

## INTERVENTI GESTIONALI REALIZZATI O IN VIA DI REALIZZAZIONE

### *Introduzione*

Per conseguire gli obiettivi descritti occorre preliminarmente evidenziare quali siano le situazioni di traffico standard in cui tali interventi sono stati attuati e se esistono altre potenziali situazioni in cui tali sistemi informativi siano proficuamente applicabili. L'obiettivo finale è quello di ottimizzare l'utilizzazione della rete esistente migliorandone il livello di servizio attraverso un aumento della fluidità del traffico ed una riduzione dei tempi di viaggio. Risultati complementari a tali interventi sono l'aumento della sicurezza della circolazione, la riduzione dei consumi energetici e dell'inquinamento atmosferico ed una generalizzata migliore utilizzazione delle risorse disponibili. A tal riguardo possiamo distinguere situazioni di traffico che non presentano particolari aspetti comportanti limitazioni della transitabilità della strada, da altre ove invece cause od eventi particolari inducono sull'arteria rilevanti limitazioni del livello di servizio. Appartengono al primo ambito gli interventi volti essenzialmente a fornire agli utenti informazioni di carattere generale o norme comportamentali volte comunque ad ottenere gli obiettivi su esposti, pur sussistendo condizioni di viabilità che potremmo definire «ordinaria». Nel secondo gruppo comprendiamo invece i sistemi informativi volti a comunicare all'utenza determinati messaggi o norme comportamentali specifiche, in presenza di situazioni di traffico che comportano una limitazione della transitabilità o l'interruzione di un'arteria per eventi specifici quali traffico congestionato, condizioni meteorologiche avverse o incidenti, lavori in corso, ecc. Sono brevemente descritte qui di seguito alcune soluzioni adottate o in via di studio in Italia e all'estero. Segue una breve descrizione del progetto *Prometheus* (progetto europeo per una gestione automatizzata del traffico con intelligenza distribuita anche a bordo) e un paragrafo sullo sviluppo dei sistemi gestionali in Italia.

### *Sistema per il controllo della distanza di sicurezza*

Nei tratti stradali dove accadono dei tamponamenti con particolare frequenza è possibile im-

piegare una particolare apparecchiatura automatica che avvisa, mediante un cartello dinamico, un guidatore se sta viaggiando troppo vicino al veicolo che lo precede.

Questo sistema, detto FTC (Following Too Closely), è sovente utilizzato in galleria e misura continuamente la distanza temporale dei veicoli che, in ogni corsia, attraversano una certa sezione stradale: quando questo tempo è inferiore a una certa soglia prefissata, si illumina un cartello che comunica ai guidatori questa situazione di pericolo.

#### *Sistema per il rilievo automatico di code e/o incidenti*

L'accadimento di un incidente stradale costituisce un evento estremamente aleatorio, che peraltro richiede un intervento estremamente tempestivo sia per quanto riguarda l'esigenza di un pronto soccorso alle persone coinvolte, sia per quanto riguarda la sicurezza degli altri veicoli. Infatti l'ostruzione stradale causata dal veicolo o dai veicoli incidentati può costituire un ostacolo inaspettato per le vetture che sopraggiungono, soprattutto in luoghi chiusi e a visibilità limitata come i tunnel; aumenta quindi notevolmente la probabilità di altri incidenti che, in queste circostanze, sono detti «secondari». Analogamente la presenza di code inaspettate può costituire causa di tamponamenti. Per risolvere questi problemi sono stati progettati e realizzati in Italia e all'estero dei sistemi automatici per il rilievo di code e/o incidenti basati su apparecchiature che, funzionando continuamente, danno un allarme quando rilevano tali situazioni di pericolo. Nei sistemi più sofisticati e completi è anche automatizzata la funzione di comunicare agli utenti della strada che si stanno avvicinando verso una sezione stradale ostruita da veicoli e, se è il caso, di non percorrere una certa corsia limitando la velocità entro valori consigliati.

#### *Servizio meteorologico per il traffico stradale*

Le esperienze più avanzate per lo studio e l'organizzazione di un servizio meteorologico per il traffico stradale sono state realizzate in Finlandia, dove nel periodo 1970 - 1980 è stato sviluppato uno studio nell'ambito di un progetto di collaborazione scientifica e tecnica con altre nazioni europee nel campo del rilievo automatico di avverse condizioni meteorologiche sulle reti stradali (SAUHA-AHO J., 1982). In seguito sono stati pianificati ed eseguiti negli anni '80 - '81 - '82 degli esperimenti pratici per verificare l'efficacia dell'organizzazione di un servizio meteorologico in fun-

zione delle reti stradali da servire e degli organismi coinvolti. In Italia esiste oggi un sistema di informazione per gli utenti via radio basato su emissione di bollettini in orari fissi comunicanti condizioni atmosferiche e di transito sulle principali arterie nazionali. Per avere informazioni di carattere più locale e particolare esiste un servizio telefonico a chiamata con informazioni segmentate per regione.

#### *Comunicazioni tramite cartelli a messaggio variabile*

Un impiego corretto ed adeguato di sistemi basati su cartelli dinamici a messaggi variabili prevede un'analisi approfondita ed articolata delle varie esigenze a livello di rete, di arteria o di svincolo stradale che evidenzia e separa nelle varie circostanze quanto deve essere contenuto in cartelli dinamici a messaggio variabile. Infatti, sebbene si possa progettare un sistema utilizzando solo cartelli a messaggio variabile, dal punto di vista della convenienza e della garanzia di fornire comunque certe indicazioni è utile impiegare cartelli a messaggio fisso, che possono essere integrati o aggiornati con cartelli a messaggio variabile. Una particolare utilità dell'impiego di cartelli dinamici si trova nei tratti di rete in galleria. Innanzitutto occorre distinguere tra i cartelli da porre nei pressi delle gallerie e quelli da porre dentro. All'avvicinarsi verso l'ingresso di una galleria occorre indicare la velocità consigliata sulla base del traffico presente, eventuali chiusure di corsie ad esempio per lavori in corso, per incidenti, ecc., l'uso riservato di alcune corsie per mezzi di soccorso, l'eventuale chiusura totale e le deviazioni da seguire. Inoltre occorre indicare anche quali veicoli non sono ammessi in galleria e gli itinerari alternativi da seguire per le varie destinazioni. Mentre dentro la galleria stessa i cartelli dinamici, oltre che ripetere i valori delle velocità consigliate nei vari tratti, sono di particolare utilità per la sicurezza del traffico durante lavori di manutenzione, deviando o proibendo il transito in alcune corsie. Ciò aumenta anche la sicurezza degli addetti alla manutenzione.

#### *Comunicazioni tramite trasmissioni di messaggi via radio*

Le radiotrasmissioni trovano un impiego essenziale nella diffusione delle informazioni sulla transitabilità della rete stradale. Da varie indagini svolte in diverse nazioni emerge una diffusa attitudine degli automobilisti ad ascoltare le informazioni stradali via radio per decidere quando compiere un certo viaggio nella massima sicurezza e comodità. Inoltre gli automobilisti sono in-

teressati alle radio-informazioni anche durante il viaggio. In effetti nel primo caso l'impiego della radio risulta molto efficace, giacché si possono comunicare informazioni a carattere generale e, mediante radio locali, informazioni molto dettagliate per zone anche ristrette. Risulta un po' più problematico e meno efficace l'impiego delle radio-trasmissioni utili per chi è già in viaggio, quando occorre comunicare certe informazioni che richiedono particolare tempestività e dettaglio. Inoltre bisogna strutturare in modo particolare i vari messaggi trasmessi, limitarne la durata ed il numero per ogni trasmissione messa in onda per garantire la chiarezza e la comprensibilità delle informazioni comunicate.

#### *Progetto «Prometheus» e implicazioni italiane nel suo ambito*

*Prometheus* è un progetto che l'industria automobilistica Europea ha inserito nel programma Eureka; il lavoro è iniziato da pochi mesi. Obiettivo del progetto è una circolazione stradale scorrevole, senza incidenti, una migliore economia d'esercizio e un maggior rispetto dell'ambiente. Il progetto intende eliminare i punti di debolezza oggi esistenti nel traffico, creando nuovi sistemi di controllo e di informazione sia in catena chiusa sia in catena aperta. Saranno impiegati tutti i prevedibili sviluppi nelle tecnologie microelettroniche, della sensoristica, delle telecomunicazioni, così come le tecniche informatiche dell'intelligenza artificiale. Il sistema di traffico del futuro non differirà in maniera significativa da quello di oggi, come in genere mostrano gli studi previsionali: la motorizzazione privata continuerà anche in futuro ad assicurare la quota maggiore di tutti i servizi di trasporto. Il progetto si propone di svolgere, in una collaborazione tra imprese interessate, le ricerche necessarie al raggiungimento dell'obiettivo, lasciando alle singole aziende la trasformazione dei risultati delle ricerche in soluzioni tecniche adatte alla vendita. Il tutto sarà un progetto dell'industria automobilistica europea con la collaborazione delle industrie elettroniche, di telecomunicazioni e degli istituti di ricerca pubblici, con finanziamento statale del 50% delle attività industriali e del 100% di quelle degli istituti pubblici. Il progetto è costituito dall'integrazione di tre moduli affidati alla ricerca industriale (fig. 1):

- **PRO-CAR:** sistemi elettronici di bordo (sensori, attuatori, computers) per l'ausilio alla guida (visione in condizioni difficili, controllo laterale, controllo della distanza di sicurezza, presenza di ostacoli);
- **PRO-NET:** sistemi di comunicazione a corto raggio tra veicoli, per rendere sicuri i movimenti reciproci in condizioni difficili (curve, dossi, confluenze, intersezioni);

- **PRO-ROAD:** sistemi di comunicazione a lunga distanza e localizzazione dei veicoli sulla rete, per facilitare la decisione sugli itinerari possibili, e per far conoscere le condizioni del traffico.

Ai tre moduli fondamentali sono affiancati tre moduli generali/preliminari affidati alla ricerca universitaria ed a speciali istituti:

- **PRO-ART:** sviluppo specifico software applicativo, nel settore dell'intelligenza artificiale/systemi esperti, per i computers di bordo;
- **PRO-CHIP:** sviluppo di componenti ad alta integrazione *customerizzati*, per le specifiche applicazioni del progetto;
- **PRO-GENERAL:** analisi dei problemi del traffico, delle condizioni delle reti di trasporto, dei criteri di regolazione, nei diversi paesi.

Il modulo in cui si inserisce l'Italia è quello indicato con la sigla **PRO-GENERAL**. Esso è stato suddiviso in 6 parti:

- 1) *Scenario* - Si tratta di studiare e descrivere quella che dovrebbe essere la situazione complessiva del traffico stradale nel prossimo futuro. Il tutto va considerato come un sistema integrato, ponendo cioè in stretta correlazione trasporto pubblico, privato e merci. Si otterrà così una visione di insieme del traffico del 2000. Questa proiezione futura si baserà sulle conoscenze attuali aggregando i dati disponibili e sugli obiettivi che si prefigge *Prometheus* seguendo delle predeterminate linee di sviluppo.  
Si dovranno quindi studiare l'organizzazione e la gestione del traffico (legislazioni, funzioni di costi/benefici, sicurezza, ecc.) così come le parti più decisamente tecniche per poter tracciare un quadro il più realistico possibile. Questo studio è diviso in due parti, una tratta la *rete urbana*, l'altra quella *extraurbana*.
- 2) *Sistema* - Compiendo un ulteriore passo avanti è necessario indicare l'architettura del sistema che complessivamente permetterà una gestione del traffico come quella descritta nello scenario. Anche in questo caso si partirà dalle attuali conoscenze nella progettazione di sistemi di controllo complessi e multifunzionali per poi effettuare delle proiezioni.  
Si propongono evidentemente studi sulle possibilità offerte da Intelligenza artificiale, sensoristica, sistemi di telecomunicazioni a lungo e a corto raggio, ecc. È evidente a questo punto la stretta correlazione in cui si pone **PRO-GENERAL** nei confronti di altri sottoprogetti quali **PRO-CAR**, **PRO-NET** e **PRO-ROAD**. Anche in questo caso la ricerca si divide nelle due parti relative a urbano ed extraurbano.
- 3) *Modelli* - Gli studi sopra menzionati saranno poi convertiti in un modello dell'intero insieme in modo tale da definire i contorni operativi dei singoli sottoprogetti industriali. Que-

sto tramite l'identificazione di strategie che si proporranno come linee guida per il progetto nel suo complesso e per lo studio di insieme del sistema così concepito identicamente, anche in questo caso si distinguerà in modello urbano da quello extraurbano.

Prendono forma così nell'ambito di **PRO-GENERAL** 6 linee di ricerca cui lavoreranno, ovviamente in stretta collaborazione, 6 diversi Paesi: Francia, Germania, Gran Bretagna, Olanda, Svezia e Italia, ciascuno dei quali si è assunto il coordinamento di 1 dei 6 punti. Di competenza italiana è il coordinamento della parte relativa alla *modellizzazione urbana*.

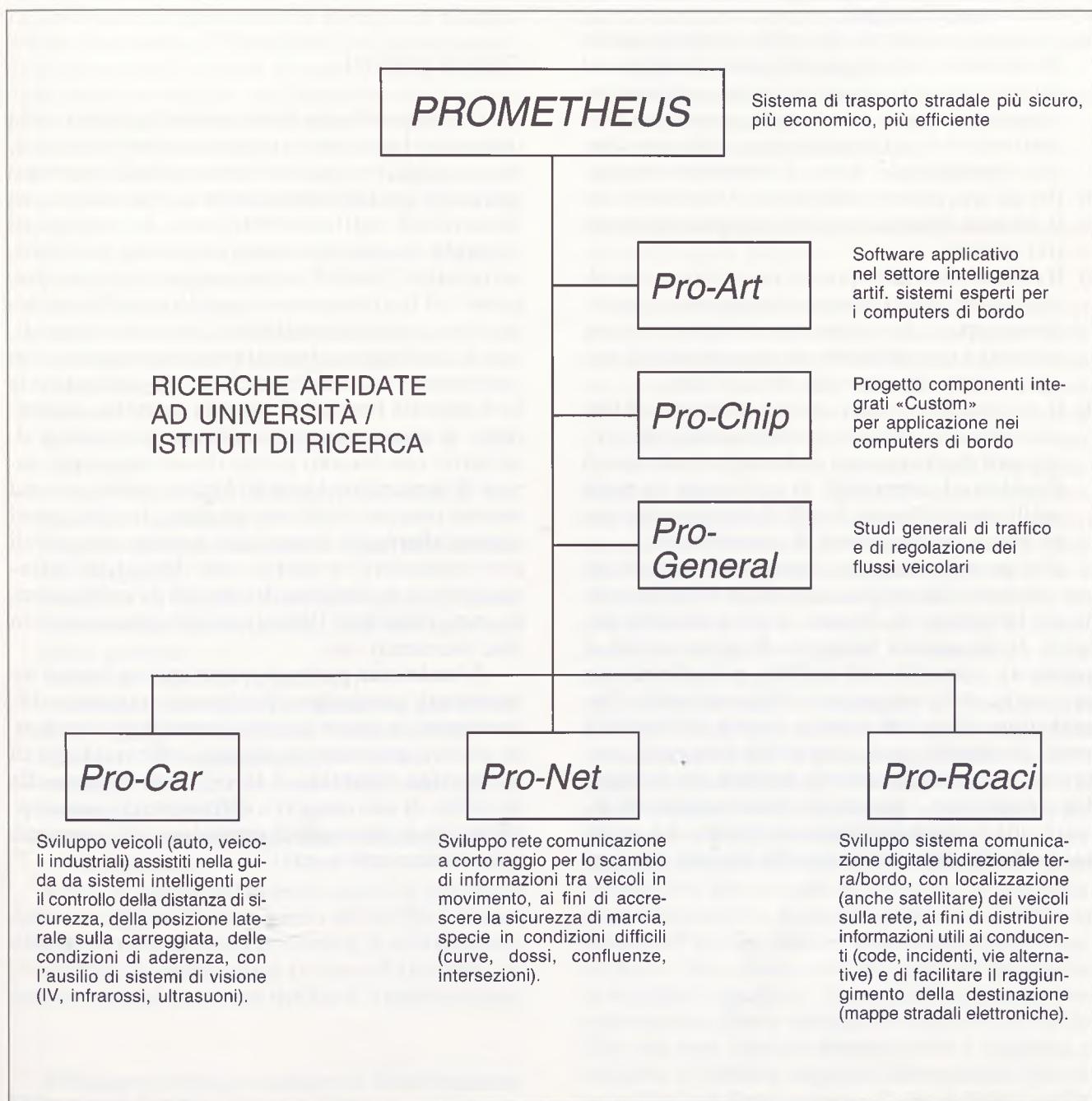
### *Prime indicazioni per lo sviluppo dei sistemi gestionali in Italia*

La fattibilità dell'introduzione nel nostro Paese dei sistemi esaminati va valutata in relazione ad alcuni aspetti fondamentali, e precisamente:

- caratteristiche tecniche dei singoli sistemi;
- aspetti legali;
- possibili strategie di implementazione.

Le possibili soluzioni tecnologiche che consentono collegamenti uni o bidirezionali possono essere sinteticamente classificate nel modo seguente:

- diffusione in forma numerica attraverso normali trasmettitori radio;



- beacons lungo la strada con trasmissioni all'infarosso o a microonde;
- loops con trasmissioni induttive;
- trasmissioni numeriche con apparati radiomobili dedicati.

Poiché è opportuno considerare solo quei sistemi di trasmissione che permettono (a richiesta del guidatore) la selezione automatica dell'informazione trasmessa, si escluse l'impiego di trasmissioni radio di tipo analogico. La soluzione scelta deve soddisfare le normative di legge in materia di radiocomunicazioni a livello europeo. Occorre pertanto impegnarsi in ambito internazionale per raggiungere i necessari accordi per una soluzione ottimale. La strategia di implementazione ha effetti determinanti sul grado di accettabilità del sistema. A tal fine sembra opportuno richiamare le seguenti considerazioni:

- a) Il singolo guidatore dovrebbe essere in grado di usufruire delle apparecchiature installate sul proprio veicolo immediatamente, indipendentemente dal fatto che un gran numero di altri autoveicoli o la maggior parte della rete stradale impieghino o meno il medesimo sistema.
- b) Per gli enti gestori delle strade è essenziale che il sistema richieda costi ed investimenti operativi minimi.
- c) Il sistema dovrebbe potersi introdurre gradualmente per aree ed essere implementato in studi successivi, dovrebbe usare le infrastrutture esistenti e possibilmente essere compatibile con altri sistemi di controllo del traffico.
- d) Il sistema deve essere aperto a futuri sviluppi e le industrie devono prevedere soluzioni progettuali degli apparati da installarsi nei veicoli flessibili ed integrabili, in modo tale da poter realizzare differenti livelli di impiego ma con lo stesso collegamento di trasmissione.

Ciò premesso appare ragionevole pensare ad una proposta sistemistica che possa ritenersi valida per i prossimi 15-20 anni, e che soddisfi le esigenze di un sistema integrato di guida, avvisi ai guidatori, controllo del traffico e localizzazione automatica delle autovetture. Non è pensabile l'introduzione di un tale sistema se non attivando in modo graduale le varie operatività potenziali, scegliendo pragmaticamente le priorità che si intendono soddisfare e cercando concretamente di attuare una sperimentazione campione. La scelta non può che derivare da una discussione con i ge-

stori della rete stradale extraurbana, che consente di effettuare una valutazione ottimale in funzione delle disponibilità finanziarie. Sembra pertanto opportuno consigliare di procedere per studi singoli che consentano di verificare soluzioni tecniche sperimentali (da progettare peraltro scrupolosamente) che rappresentano un punto di partenza per la realizzazione di un sistema nazionale integrato di controllo e gestione del traffico nonché di localizzazione automatica di autoveicoli. Le modalità per procedere inizialmente sono rappresentate dalla realizzazione di sistemi sperimentali che consentano:

- 1) la sorveglianza del traffico;
- 2) il rilevamento automatico di incidenti;
- 3) la trasmissione di informazioni veicolo-strada e/o viceversa.

## CONCLUSIONI

L'attuale sviluppo della microelettronica e della telematica ha trovato e troverà sempre più numerosi possibili impieghi nel campo degli interventi gestionali per l'informazione e la regolazione nei riguardi del traffico extraurbano. In tutti questi impieghi ciò può dare luogo a sistemi modulari, automatici, flessibili ad alta capacità di autodiagnosi e di funzionamento anche in condizioni degradate. I sistemi tradizionali ancora impiegati, con la sostituzione di parti elettromeccaniche con componenti microelettronici, hanno aumentato le loro capacità funzionali; mentre sono stati progettati e, in alcuni casi, anche sperimentati sistemi alternativi con un alto grado di automazione, capaci di comunicare in modo bidirezionale con ogni veicolo presente sulla rete stradale. Inoltre questi sistemi alternativi hanno una grande capacità di rice-trasmettere in tempo reale dettagliate informazioni per la sicurezza del viaggio e l'orientamento, per consigliare l'itinerario più conveniente in quel momento, ecc.

Attualmente però non esiste ancora nessun intervento di questo tipo che sia stato impiegato diffusamente, se non in casi sperimentali che non hanno ancora generato conclusioni sulle modalità di un impiego operativo. I lavori citati vanno nella direzione di una maggiore diffusione di queste applicazioni e pare quindi opportuno che vengano opportunamente seguiti.

# Orientamenti recenti nella ventilazione dei trafori

Vincenzo FERRO (\*)

## PREMESSA

Il crescente volume del traffico veicolare, l'esigenza di disporre di una viabilità adeguata, facilmente agibile ed interconnessa, sicura, ha portato in questi ultimi anni, in zone orograficamente complesse ed accidentate, all'attuazione od alla proposizione di sistemi di ventilazione dei lunghi trafori autostradali, sostanzialmente innovativi rispetto alla tradizionale e costosa soluzione della ormai classica ventilazione trasversale. Le innovazioni riguardano in sostanza la possibilità sia di economia di esercizio e, per taluni aspetti, di economia nelle opere di scavo, sia di rispetto di esigenze ecologiche nell'impatto che il tunnel può avere sull'ambiente esterno. Va tenuto presente che il problema della ventilazione di una galleria autostradale non è problema fluidodinamico a sé stante, ma dipende da numerosi parametri, quali:

- la geometria della galleria (dimensioni, forma, pendenze, lunghezza);
- quota della galleria;
- valori del traffico e suo andamento temporale;
- tipologia del traffico (leggero, pesante) e sua ripartizione;
- velocità del traffico;
- galleria a traffico unidirezionale o bidirezionale;
- possibilità o meno di disporre di pozzi di ventilazione intermedi;
- impatto dell'inquinamento sui portali e sui pozzi intermedi;
- modalità di distribuzione dell'aria in galleria;
- temperature dell'aria tollerabili nell'ambiente della galleria;
- valori di visibilità in galleria;
- concentrazioni degli inquinanti dai gas di scarico degli automezzi (CO, fumi, NOx);
- modalità di regolazione del traffico;
- modalità di funzionamento della ventilazione in caso di incendio;
- esigenza di reversibilità della ventilazione in caso di incendio.

Molti di questi parametri, specie la pendenza della carreggiata, l'intasamento del traffico, la possibilità o meno di pozzi intermedi di ventilazione, le esigenze di ventilazione in caso di incendio, le concentrazioni ammesse dei fumi, rappresentano

delle condizioni al contorno molto pesanti e vincolative nei riguardi della metodologia e dei costi di impianto e di esercizio della ventilazione. È ovvio che in queste condizioni il sistema di ventilazione di un traforo costituisce un problema da analizzare caso per caso in modo dettagliato e completo, così da dedurre se non la soluzione ottima, almeno una soluzione ottimale, in funzione delle condizioni al contorno prima indicate e della loro importanza relativa. Sulla base di quanto premesso, va detto che le esperienze di questi ultimi anni hanno indicato alcune soluzioni quali:

- ventilazione longitudinale con filtrazione intermedia dell'aria in galleria;
- ventilazione longitudinale con pozzi intermedi;
- combinazioni delle prime due soluzioni;
- ventilazione semitrasversale.

### *Ventilazione longitudinale con filtrazione intermedia dell'aria in galleria*

Nelle condizioni usuali di traffico veicolare attraverso i trafori, le portate di aria fresca richieste per la diluizione dei fumi emessi dagli scarichi dei motori a ciclo Diesel (motori a gasolio ad accensione spontanea) sono notevolmente superiori a quelle richieste per la diluizione del CO emesso dai motori a ciclo Otto (motori a benzina ad accensione comandata) e degli NOx presenti nei prodotti della combustione. Per i rapporti mediamente ammissibili o verificabili fra traffico pesante e traffico leggero, rapporti oscillanti fra il 20-60% in funzione della distribuzione giornaliera dei due tipi di traffico e che per i valori di traffico massimo sono dell'ordine del 20-30%, si ottengono valori di portata per la diluizione dei fumi da tre a sette volte superiori a quelli necessari per la diluizione del CO. Per ciò che ottiene la diluizione degli NOx si può ritenere che se la portata di aria soddisfa alla diluizione limite del CO, essa soddisfa anche a quella degli NOx. Il sistema comporta un impianto di ventilazione longitudinale ed è particolarmente idoneo per i trafori unidirezionali. Esso consiste nel filtrare con un impianto di precipitazione elettrostatica la quasi totalità (circa 80%) del flusso dell'aria in galleria, così da asportare il particolato e da reimmetterlo in migliori condizioni di visibilità in galleria. Questa operazione può essere ripetuta sino a quando la concentrazione del CO, che non subisce attenuazione e continua a crescere, a traffico supposto linearmente ripartito, all'incirca linearmente nel verso della ventila-

(\*) Ingegnere, Professore ordinario di Fisica Tecnica nel Politecnico di Torino.

zione, non raggiunga il valore limite ammissibile. La Fig. 1 espone graficamente il concetto di questo sistema di filtrazione, avendo indicato con:

- $Q_T$  = portata totale richiesta per la diluizione dei fumi;
- $Q_{CO}$  = portata richiesta per la diluizione del CO;
- $Q_K$  = portata necessaria per la diluizione dei fumi nei singoli tratti di galleria;
- $K_{lim}$  = concentrazione ammessa per i fumi;
- $CO_{lim}$  = concentrazione ammessa per il CO;
- $K'$  = concentrazione finale dei fumi in assenza di filtrazione.

La Fig. 2 illustra schematicamente una stazione di filtrazione, nella quale viene filtrato il 70-80% della portata totale fluente in galleria. Nella Fig. 2, oltre all'impianto di filtrazione, sono riportate anche le batterie di refrigerazione dell'aria filtrata, poiché nel caso contemplato da tale figura era necessario anche ridurre la temperatura dell'aria, mediante acqua refrigerata da apposito impianto frigorifero. La reimmissione dell'aria in galleria avviene mediante apposita profilatura ricavata alla sommità della galleria, così da sfruttare per effetto Saccardo la componente dinamica conferita alla portata dai ventilatori di filtrazione. La circolazione del flusso di aria nel verso longitudinale a valle dell'effetto Saccardo è assicurata da ventilatori ad induzione, posti a soffitto della galleria, e dall'effetto pistone stesso dei

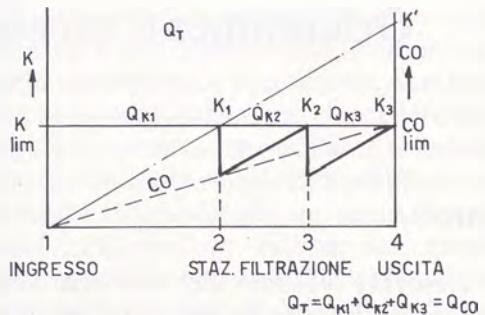


Fig. 1 - Andamento delle concentrazioni K fumi e CO nel tunnel  
 $Q$  = portate dell'aria fresca di diluizione

veicoli, se la galleria è a traffico unidirezionale. Con un sistema di filtrazione siffatto si riescono a soddisfare in condizioni di ventilazione longitudinale sino a tre-quattro km di galleria, con valori di traffico di circa 2.000 veicoli/h, di cui circa il 20% sono veicoli pesanti a motore Diesel, con peso medio di 25 t. È possibile anche coprire distanze maggiori, sino al limite di una velocità longitudinale dell'aria in galleria di 10 m/s, ma in generale in questo caso e con i valori suddetti di traffico, è necessario refrigerare, oltreché filtrare, l'aria di ventilazione, specie se si è in presenza di pendenze stradali positive nel verso di marcia degli automezzi, con elevati valori di traffico pesante.

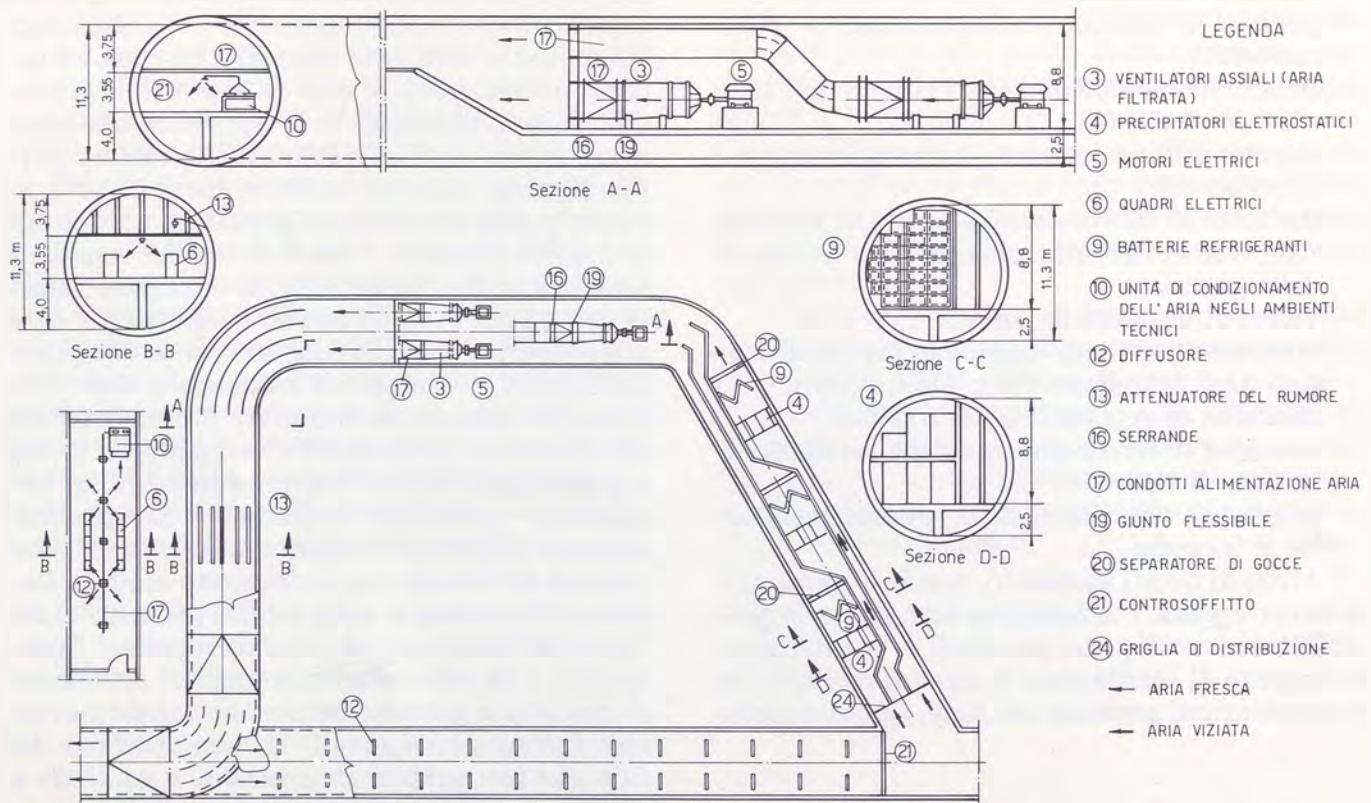


Fig. 2 - Stazione di filtrazione dell'aria in galleria

Il sistema della filtrazione elettrostatica è stato applicato in alcuni Tunnel autostradali di recente costruzione od in via di costruzione in Giappone (Tsuruga, Kan-etsu, Enasan, Higo) [1] ed è stato studiato e proposto dalla Soc. SPEA di Milano, in collaborazione con la Posford, Parry & Partners di Londra, per conto della Sea-Link-British Ferries Ltd britanniche, per il tunnel autostradale subacqueo di attraversamento della Manica. Il sistema della filtrazione può essere accoppiato al sistema del ricambio periodico dell'aria mediante pozzi di estrazione dell'aria esausta e di immissione dell'aria pura, dislocati lungo la galleria. Questo è quanto è stato realizzato nei tunnel Kan-etsu ed Enasan in Giappone (vedi Fig. 3) e corrisponde alla combinazione di quanto citato al terzo punto della Premessa, e descritto in questo paragrafo e nel successivo.

#### Ventilazione longitudinale con pozzi intermedi

I lunghi condotti di ventilazione richiesti dal sistema di ventilazione trasversale rappresentano una aliquota notevole del costo dell'impianto di ventilazione. Infatti essi incrementano i costi di costruzione per la maggior sezione di scavo richiesta, nonché quelli di esercizio per le maggiori potenze di ventilazione impiegate rispetto a quelle necessarie per il flusso dell'aria a tutta sezione in galleria.

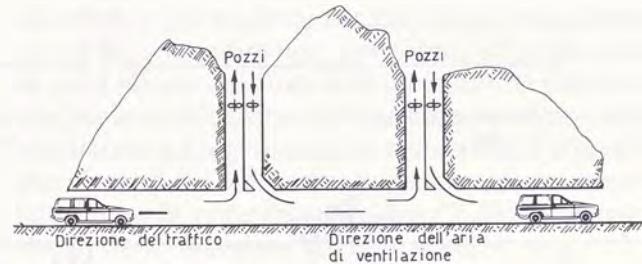


Fig. 4 - Ventilazione longitudinale con pozzi intermedi

Una soluzione più economica è quella della ventilazione longitudinale con l'ausilio di pozzi intermedi, quando l'orografia del luogo renda possibile un tracciato di galleria compatibile con tale soluzione. I pozzi intermedi sono a coppie, uno in mandata e, l'altro in estrazione (v. Fig. 4) [3]. La soluzione si può ritenere analoga a quella del paragrafo precedente, mediante la sostituzione di una stazione di filtrazione con una di ventilazione in mandata di aria fresca ed una in estrazione di aria viziata. Essa comporta in galleria un andamento delle concentrazioni per tutti gli inquinanti (fumi, CO, NO<sub>x</sub>) a denti di sega, secondo quanto illustrato nella Fig. 5 [4] ed analogamente al caso della Fig. 1; quest'ultima è relativa però ai soli fumi filtrati. Anche in questo caso valgono le considerazioni già fatte per le spinte addizionali sul flusso dell'aria da parte dei ventilatori ad in-

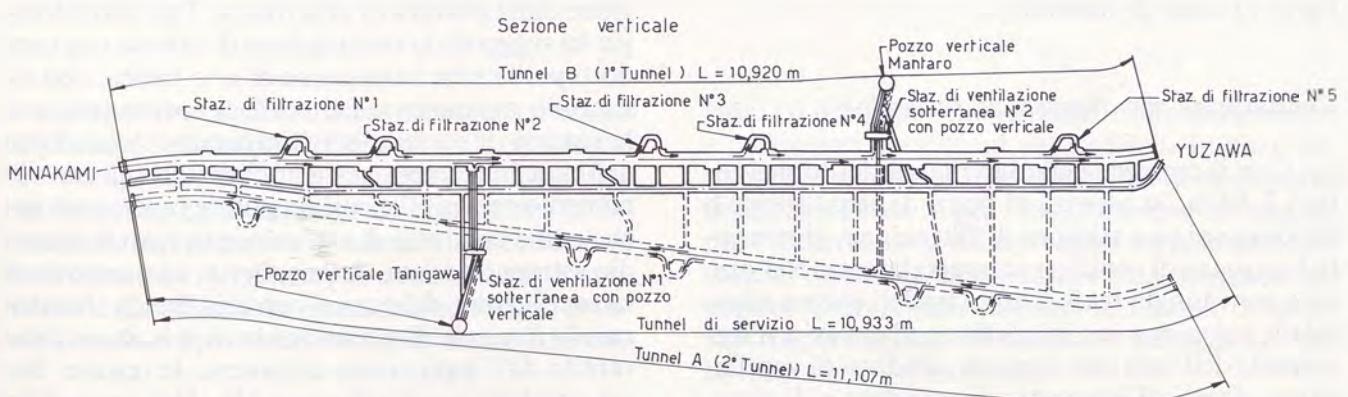
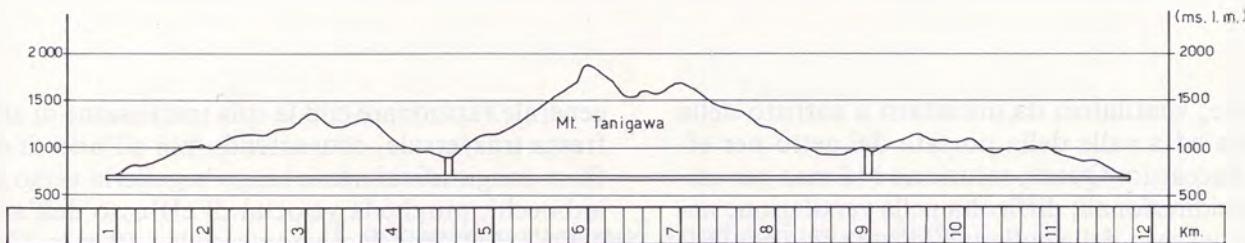


Fig. 3 - Sezioni tunnel autostradale Kan-etsu con impianti di filtrazioni

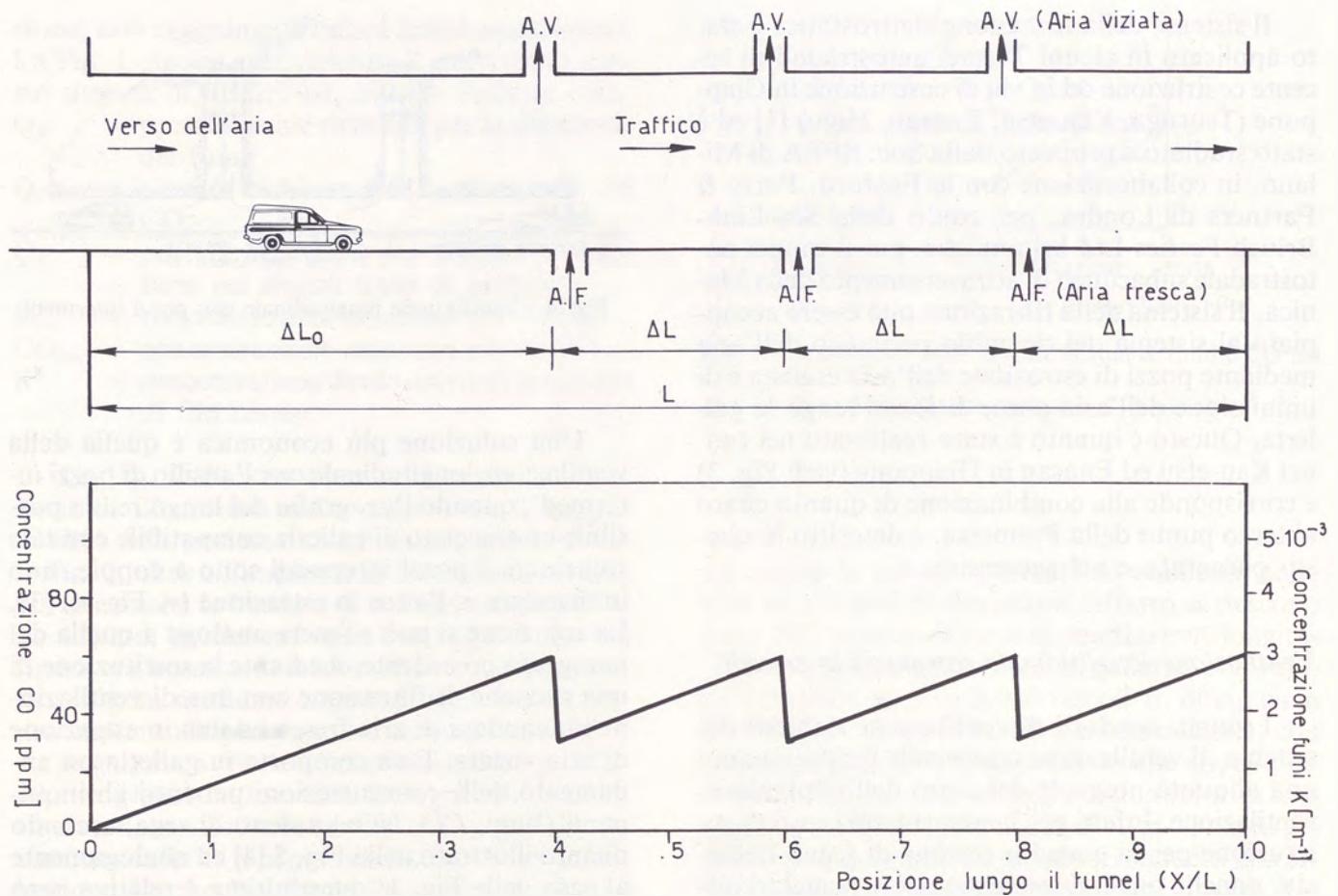


Fig. 5 - Ventilazione longitudinale con tre pozzi intermedi. Andamenti qualitativi della concentrazione del CO o dei fumi lungo il tunnel autostradale.

duzione, ventilatori da installarsi a soffitto della galleria ed a valle della portata del getto per effetto Saccardo. Questa soluzione è idonea per gallerie unidirezionali; difficoltà nella ventilazione nascono nel caso della galleria bidirezionale per l'effetto pistone del traffico. Comunque per questa soluzione è richiesta la reversibilità di funzionamento dei ventilatori per il controllo dei flussi dell'aria in caso di incendio.

#### Ventilazione semitrasversale reversibile

Con il crescere della lunghezza del tunnel oltre i 2-3 km, in assenza di pozzi di ventilazione o di soluzioni con stazioni di filtrazione, si presenta l'esigenza di ventilare trasversalmente. Nel passato per i lunghi trafori autostradali è stata adottata la soluzione con immissione ed estrazione trasversale dell'aria con appositi condotti di ventilazione, dotati di bocchette di mandata e di ripresa, opportunamente intervallate. Nell'esercizio di questi impianti si è rilevato come sia possibile in

generale funzionare con la sola immissione di aria fresca trasversale, consentendo poi all'aria di effluire longitudinalmente lungo la galleria verso gli imbocchi, purché la velocità di efflusso dell'aria nella zona delle testate non ecceda i 10 m/s. Con questa modalità di funzionamento si riesce egualmente a mantenere costante la concentrazione degli inquinanti in galleria, dipendendo tale concentrazione dalla portata di aria fresca. Tale metodologia ha suggerito la realizzazione di gallerie con condotti per la sola immissione di aria fresca, con risparmio ovviamente nei costi di costruzione per le sezioni di scavo e per l'impianto. Il condotto dell'aria fresca per questa applicazione ha funzionamento reversibile, così da potere funzionare anche come condotto di estrazione in caso di incendio estraendo i fumi dalla galleria. In questo caso la ventilazione del tunnel con aria fresca, funzionando il canale di estrazione in depressione, è garantita dall'aspirazione attraverso le testate. Sono possibili varie soluzioni [5]. Nel caso della Fig. 6.a il condotto dell'aria fresca funziona, invertendone il funzionamento, tutto come condotto

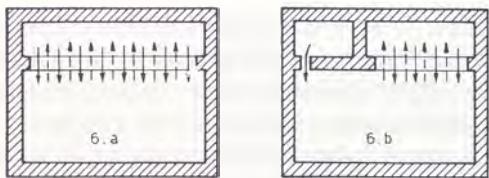


Fig. 6 - Schemi di ventilazione semitrasversale con mandata-estrazione reversibile

dell'aria viziata; in tal caso la ventilazione del tunnel con aria fresca, funzionando il canale di estrazione in depressione è garantita dall'aspirazione attraverso le testate, almeno per le zone non interessate dall'incendio. Nel caso della Fig. 6.b il condotto dell'aria fresca funziona solo per una parte come condotto di estrazione dell'aria viziata, consentendo l'alimentazione parziale con aria fresca immessa trasversalmente in caso di incendio. Un condotto di mandata dell'aria fresca in condizioni di funzionare anche per l'estrazione dell'aria fumosa in caso d'incendio, deve disporre di una apertura trasversale di mandata-riprresa estesa lungo tutta la parete del condotto sovrastante la galleria. In tal modo è possibile aspirare la coltre di fumo su tutta la lunghezza del tunnel. La profilatura opportuna dell'apertura di mandata-riprresa consente di sfruttare sia l'effetto di aderenza del getto di aria fresca alla volta della galleria (effetto Coanda) sia di aspirare l'aria affumicata a gran-

de velocità con modesta perdita di quantità di moto così da consentire una aspirazione efficiente nella zona invasa dai fumi dell'incendio. È evidente che per una soluzione siffatta occorre disporre di ventilatori a funzionamento reversibile o comunque di condotti e di serrande di by-pass sui ventilatori, così da poter invertire il verso della corrente fluida dalla mandata all'estrazione.

#### NOTE BIBLIOGRAFICHE

- [1] BABA T., OHASHI H., NESAKI K., *Recent Trends in Ventilation Systems of Long Vehicle Tunnels in Japan*, Fifth Int. Symp. on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, Lille 1985, BHRA Cranfield ed., pp. 371-388.
- [2] CAMOLLI R., CUAZ F., FERRO V., PIGORINI B., *The Channel Expressway: Twin Bored Road Tunnels under the English Channel*, Tunneling and Underground Space Technology, Pergamon Press, Vol. I, No. 3/4, 1986, pp. 261-269.
- [3] KONDA T., MIZUTANI T., *Application of the Longitudinal Ventilation System for Long Tunnels*, Second Int. Symp. on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, Cambridge 1976, BHRA Cranfield ed., pp. D1-1 ÷ D1-18.
- [4] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Aerodynamics and Air Quality Management of Highway Tunnels*, Washington D.C. 20950, Final Report, April 1979, pp. 5-47 ÷ 5-52.
- [5] HAERTER A.A., *Trends in Ventilation Systems*, Third Int. Symp. on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, Sheffield 1979, BHRA Cranfield ed., pp. 1-12.

## La sicurezza nei trafori stradali

Franco CUAZ (\*)

Il rapporto presentato dal Comitato Tecnico dei Tunnel Stradali al Congresso della Strada del 1983, a Sydney, definisce elemento fondamentale per la sicurezza la capacità dell'operatore di informare correttamente gli utenti sulle condizioni di circolazione in galleria, di ottenere tempestivamente dalla galleria la segnalazione di ogni evento anomalo e di trasmettere rapidamente informa-

zioni ed istruzioni che tengano conto delle nuove e particolari condizioni del traffico. In altre parole, chi gestisce un tunnel stradale deve disporre di apparecchiature per l'informazione all'utente, per l'informazione all'operatore e per le comunicazioni da utente ad operatore e da operatore ad utente. E deve, poi, disporre dei mezzi di intervento e, fra questi, di veicoli ed attrezzi per la lotta contro l'incendio.

Prima di trattare di queste apparecchiature e di questi mezzi è bene ricordare che il discorso sulla sicurezza nelle gallerie stradali è ampio. Investe una

(\*) Ingegnere, Direttore di esercizio della Società Traforo del Monte Bianco.

serie di problemi da tener presenti in ogni fase di progettazione.

Contribuiscono, ad esempio, alla sicurezza gli elementi geometrici dell'opera, la larghezza delle corsie, quella dei marciapiedi, la frequenza e le dimensioni degli ampliamenti per la sosta di emergenza, il numero delle uscite di soccorso fra i due fornici o verso l'esterno.

La ventilazione è sicurezza. Negli ultimi anni, la combustione dei motori a benzina è migliorata e la circolazione dei mezzi pesanti a motore diesel è aumentata e continua ad aumentare. Di conseguenza, il problema dell'ossido di carbonio non desta più la preoccupazione di venti anni fa e, per contro, maggiore attenzione va dedicata al controllo dell'opacità.

L'illuminazione è sicurezza. Il «colpo di buio» all'ingresso e la scarsa visibilità all'interno danno all'automobilista la fastidiosa sensazione di non conoscere la posizione del proprio mezzo rispetto al bordo del marciapiede ed alla mezzeria della strada. Il rischio di incidenti non può che aumentare. Per questi motivi si richiedono oggi impianti di illuminazione con migliori prestazioni. Si ottengono tali prestazioni, per la sezione iniziale, adottando il sistema asimmetrico a flusso contrario (il «*Gegenstrahlbeleuchtung*» degli svizzeri) con lampade al sodio ad alta pressione e regolazione automatica della luminanza interna in funzione dell'esterna. Nei tratti all'interno i valori dell'illuminamento sono superiori a quelli accettati in passato. E si aumenta il coefficiente di riflessione dando un colore chiaro al fondo stradale ed alle pareti. La segnaletica luminosa deve essere ben visibile, disposta razionalmente, sufficiente ma non pletorica. I risultati migliori si ottengono con il tipo a fibre ottiche.

Un ruolo importante svolgono anche, in questo contesto, le norme di circolazione. Quelle che, in certe gallerie, regolano il transito delle merci pericolose debbono tener conto, in modo equilibrato, sia delle esigenze della produzione industriale che della salvaguardia degli utenti e di strutture ed impianti.

Questo è il quadro di insieme.

Ritorniamo ora alle apparecchiature di sicurezza ed ai mezzi di difesa contro l'incendio.

La lunghezza della galleria e l'entità del traffico costituiscono gli elementi di base per la determinazione dei dispositivi — tipo e numero — da installare. In Giappone, i tunnel vengono suddivisi, seguendo questo criterio, in cinque classi. Per ognuna di esse sono indicate le apparecchiature da prevedere. Occorre tener conto di altri fattori quali, ad esempio, la posizione dell'opera (in situ urbano, in zona extraurbana, al di sotto di un fiume o del mare), il tipo di circolazione (unidirezionale, bidirezionale), il numero delle corsie, l'entità del traffico pesante e del traffico di merci

pericolose. Uno schema applicabile in tutti i casi non esiste. A meno che le gallerie non si susseguano sullo stesso itinerario, ogni tunnel richiede uno studio particolare e soluzioni specifiche.

Le apparecchiature di sicurezza si dividono in tre categorie:

- per l'informazione all'utente: segnaletica, altoparlanti, radio;
- per l'informazione all'operatore: televisione a circuito chiuso, pulsanti d'allarme, «traffic detectors»;
- per le comunicazioni da utente ad operatore e da operatore ad utente: telefoni.

## LE APPARECCHIATURE PER L'INFORMAZIONE ALL'UTENTE

### Segnaletica

Non vogliamo elencare i segnali che possono essere installati agli imbocchi o all'interno delle gallerie, segnali di circolazione, di informazione o di preavviso, di divieto o di obbligo. Ricordiamo soltanto che le esperienze di esercizio consigliano un franco di almeno 20 cm fra il cartello e la sagoma limite di ingombro dei veicoli.

Alcuni segnali (ad esempio, limiti di velocità, divieto di sosta, divieto di sorpasso fra mezzi pesanti) vanno ripetuti a distanze di 1 000 - 2 000 m nelle gallerie a traffico unidirezionale e di 500 - 1 000 m in quelle a traffico bidirezionale.

Particolare interesse presentano, soprattutto per le gallerie a traffico unidirezionale, i segnali luminosi di circolazione a freccia verde ed a croce di Sant'Andrea rossa, da collocare a distanze da 150 a 300 m. Vanno installati in volta, sulla verticale dell'asse di ogni corsia, e permettono di gestire il traffico corsia per corsia. Una freccia gialla lampeggiante inclinata sostituisce la freccia verde quando, per un motivo qualsiasi, la circolazione deve essere deviata da una corsia alla corsia di fianco. Alla freccia gialla lampeggiante segue poi la croce rossa. Questi segnali non sono efficaci che se di buone dimensioni. L'altezza consigliata è di 40 cm.

### Altoparlanti e radio

Servono per dare informazioni ed istruzioni agli utenti. Nei tunnel in cui gli utenti sono di diversa nazionalità, l'uso di più lingue è necessario anche se la preregistrazione dei messaggi standard su nastri magnetici può semplificare il compito dell'operatore.

Altoparlanti: i messaggi sono diffusi da un solo altoparlante o da una serie di altoparlanti. I mez-

zi circolano sovente con i finestrini chiusi e non sempre l'utente può percepire con chiarezza i messaggi trasmessi in un ambiente in cui il livello sonoro dovuto al traffico è ben più elevato che all'esterno. Il rendimento dell'impianto è migliore nei tunnel che hanno ricevuto un trattamento insonorizzante ma, anche in questo caso, non sempre si evitano fenomeni di interferenza e di riflessione del suono. Ricerche sono in corso per ottenere una più chiara ricezione all'interno dei veicoli.

Radio: l'impianto radio dà, rispetto agli altoparlanti, risultati migliori anche se non tutte le vetture sono munite di apparecchi riceventi. L'ascolto della radio rende meno monotona la traversata. Per le lunghe gallerie, si tratta di fattore non trascurabile. All'imbocco, un cartello segnala all'utente le lunghezze d'onda su cui sintonizzare il proprio apparecchio. In caso di necessità, l'operatore in sala comando inserisce la sua voce nel circuito e trasmette agli utenti istruzioni ed informazioni. Lo stesso impianto serve per le comunicazioni di servizio (ad esempio, fra sala comando e personale all'interno del tunnel), per la polizia, i vigili del fuoco, le autoambulanze, il soccorso stradale. È bene prevedere un sistema di chiamata selettivo che permetta all'operatore di mettersi in contatto con un determinato veicolo. I vantaggi per la sicurezza ed il confort degli utenti giustificano l'installazione dell'impianto radio soprattutto per le lunghe gallerie. Alcuni tunnel (Gottardo, Seelisberg, Fréjus, Elba...) sono già dotati di questo sistema. Altri, sicuramente, lo saranno in avvenire.

## LE APPARECCHIATURE PER L'INFORMAZIONE ALL'OPERATORE

### *Televisione a circuito chiuso*

La televisione costituisce strumento quanto mai efficace per la sorveglianza della circolazione. Permette all'operatore in sala comando di rendersi conto visivamente di quanto accade in galleria, di prendere i provvedimenti previsti in caso di incidenti, incendi, rallentamenti ed arresti del traffico e di accertarsi se le misure adottate hanno ottenuto l'effetto voluto.

In galleria, per una visione generale della circolazione, è sufficiente disporre le telecamere a 250 - 300 m l'una dall'altra. Se si vuole invece ottenere una visione dettagliata del traffico con, ad esempio, l'immagine netta di una vettura in difficoltà o di una persona su un marciapiede, la distanza deve essere ridotta a 150 - 200 m. In un lungo tunnel, con queste distanze, il numero delle telecamere è elevato. Nel Monte Bianco, ad esempio, sono installate quaranta telecamere. Non conviene, na-

turalmente, avere un monitor per ogni telecamera. Si preferisce quindi ricevere su ogni monitor le immagini di un gruppo di telecamere, da otto a dodici. Su ogni schermo, tali immagini si susseguono a funzionamento ciclico, a velocità predeterminata.

L'impianto di televisione è collegato ad alcune apparecchiature (telefoni, pulsanti d'allarme, estintori, rivelatori d'incendio, «traffic detectors»...) e l'immagine di un monitor di servizio si sposta automaticamente sulla zona da cui proviene la segnalazione.

### *Pulsanti d'allarme*

Considerati da alcuni un complemento dell'impianto telefonico, sono a nostro avviso altrettanto utili e necessari dei telefoni. Sono a disposizione degli utenti per segnalare alla sala comando ogni evento anomalo («panne», incidente, incendio).

In molti tunnel sono installati, per ogni postazione S.O.S., più pulsanti le cui funzioni sono indicate da pittogrammi di facile comprensione. Così, ad esempio, in alcune gallerie l'utente dispone di tre pulsanti (polizia - vigili del fuoco - soccorso stradale) ed in altre di quattro (polizia - soccorso stradale - ambulanza - vigili del fuoco).

Attualmente, si preferisce dotare le postazioni di un solo pulsante generico d'allarme o al massimo di un pulsante generico e, a fianco del telefono, di un pulsante per chiedere l'intervento dei vigili del fuoco. Si è notato in effetti che, in situazioni di emergenza, l'utente tende a premere il pulsante sbagliato o, uno dopo l'altro, tutti i pulsanti. I pulsanti sono, come i telefoni, collegati alla sala comando. Un segnale sonoro attira l'attenzione dell'operatore e, su un quadro sinottico, un segnale luminoso gli indica da quale postazione proviene l'allarme.

### *«Traffic detectors»*

Consentono all'operatore di conoscere le condizioni del traffico in galleria. Egli è così in grado di intervenire e di impedire che la concentrazione dei veicoli raggiunga quel «livello di congestione» che compromette la fluidità della circolazione.

Il tipo adottato più frequentemente è quello dei sensori a spirale annegati nel rivestimento stradale. La loro distanza dipende dalla intensità del traffico che si vuole tenere sotto controllo. Nei tunnel urbani, i sensori sono installati a 150-250 m e sempre, comunque, nei punti critici (curve, innesti, biforcazioni...). Nelle lunghe gallerie, la distanza fra le spire è di 1000-1500 m. L'impianto è collegato ad un ordinatore e può fornire tutta una serie di informazioni. Gli si richiedono gene-

ralmente i dati relativi alla ripartizione del traffico per categoria, all'occupazione per corsia sia sull'intera lunghezza che per tronco, alla velocità media di circolazione per tutta la galleria o tronco per tronco. Con questi dati e con l'aiuto della televisione a circuito chiuso l'operatore dispone già di elementi sufficienti sull'andamento del traffico. Un dispositivo di allarme segnala quando certi limiti vengono raggiunti.

In alcune gallerie, l'impianto di ventilazione è collegato con i «*traffic detectors*» ed entra in funzione quando la concentrazione dei camion supera un valore determinato.

## LE APPARECCHIATURE PER LE COMUNICAZIONI DA UTENTE AD OPERATORE E DA OPERATORE AD UTENTE

### Telefoni

Rispetto al senso di marcia, i telefoni sono installati sul lato destro della galleria. Se il traffico è bidirezionale, vanno quindi disposti su ambedue i piedritti, uno di fronte all'altro per evitare che gli utenti siano tentati di attraversare la galleria a piedi. Sono sistemati in cabine aafone o in nicchie chiaramente segnalate ed illuminate. Questa seconda soluzione è la migliore. La porta vetrata di chiusura deve essere a buona tenuta d'aria. Se possibile, le nicchie vanno ventilate in modo da creare all'interno una leggera sovrapressione. In tal modo gli apparecchi vengono protetti meglio dalla sporcizia e dalla polvere sempre abbondanti in galleria. Con i telefoni conviene alloggiare nelle nicchie i pulsanti d'allarme, gli estintori, gli idranti e le prese dell'alimentazione elettrica. La distanza fra queste postazioni S.O.S. varia da 150 a 300 m, può ridursi a 50 m nei tunnel urbani.

In sala comando, un quadro sinottico indica all'operatore il numero della postazione da cui proviene la chiamata.

### Incendi in galleria

Accenniamo ora al problema degli incendi in galleria. Gli incendi causati da guasti di origine meccanica o elettrica (freni, gomme, carburazione, corto circuiti...) si verificano con la stessa frequenza che all'esterno. Molto meno numerosi sono invece gli incendi dovuti ad incidenti. In galleria gli utenti guidano con maggior prudenza, circolano a velocità inferiori e non sono esposti ai rischi che presentano all'esterno lo stato del fondo stradale, le condizioni meteorologiche e l'andamento planimetrico ed altimetrico del tracciato.

Gli incendi in galleria sono, fortunatamente,

rari ma possono avere conseguenze estremamente gravi. Basti pensare alla densità del fumo, alla concentrazione di gas tossici, alle temperature che possono superare 1000 °C, alla difficoltà di operare in un ambiente chiuso, ai possibili fenomeni di panico fra gli utenti. Esempi significativi sono quelli degli incendi nell'Holland Tunnel a New York nel 1927, nel Velsen Tunnel in Olanda nel 1957, nel Caldecott Tunnel nell'Oakland nel 1964 e nel Tunnel di Nihonzaka in Giappone nel 1969.

Occorre quindi dotare le gallerie di dispositivi di difesa — estintori, polverizzatori d'acqua, idranti — e di allarme-rivelatori d'incendio. In certi casi, l'esercizio deve disporre di veicoli d'intervento.

### Estintori

Quasi sempre, all'inizio, l'incendio ha dimensioni ridotte e, finché un incendio è piccolo, esso può essere spento con facilità. La rapidità d'intervento rappresenta quindi un fattore essenziale e gli estintori costituiscono il mezzo migliore per domare il fuoco sul nascere. L'esperienza dimostra che gli stessi utenti sanno servirsi di questi apparecchi. Due estintori a polvere di 6 kg vanno installati in ogni nicchia S.O.S. Il distacco di un estintore dal suo supporto è segnalato in sala comando.

### Polverizzatori d'acqua («*sprinklers*»)

Collegati con i rivelatori d'incendio, immettono in galleria una certa quantità d'acqua o di «*light water*». Questi impianti non sono sufficientemente affidabili anche se i giapponesi li raccomandano per tutte le gallerie la cui lunghezza è superiore a 3 km e per quelle di lunghezza superiore a 1 km se il traffico medio giornaliero supera certi valori. Si fa notare, tra l'altro, che l'acqua favorisce lo spandimento del carburante in fiamme e che, a contatto di alcuni prodotti, dà luogo a pericolose reazioni.

### Idranti

Sono alloggiati nelle nicchie S.O.S. e collegati con la condotta d'acqua a pressione. Non sono messi in funzione che dal personale di esercizio e dai vigili del fuoco. Nei diversi paesi europei, le norme chiedono, alle bocchette, una pressione dell'ordine di 6 atmosfere ed una portata di 1200 l/minuto, con alimentazione dai due imbocchi. Ad ogni imbocco, va previsto un serbatoio in grado di assicurare l'erogazione di una bocchetta per un'ora. Per 1200 litri al minuto, il serbatoio deve quindi avere una capacità minima di 72 m<sup>3</sup>.

## Rivelatori d'incendio

Trasmettono un allarme in sala comando quando la temperatura oltrepassa un certo limite o aumenta a velocità superiore ad un determinato gradiente. Sono a sistema continuo a tubo metallico o a sistema puntiforme con singoli apparecchi disposti a 25 m l'uno dall'altro. Esistono anche rivelatori di fumo con apparecchi ogni 15 m e di raggi infrarossi con apparecchi ogni 25 m. L'interesse di una installazione del genere è evidente. I rivelatori debbono quindi essere previsti per le gallerie ad alto livello di rischio (sottofluviali, sottomarine, ad intenso traffico commerciale o in cui è ammesso il transito di merci pericolose).

## Veicoli antincendio

La lotta contro l'incendio è generalmente compito dei vigili del fuoco. Alcuni tunnel presentano però un elevato livello di rischio (gallerie molto lunghe, sottomarine, sottofluviali) o sono aperti al traffico delle merci pericolose o troppo distanti dalle caserme dei vigili del fuoco. È bene, in questi casi, prevedere un servizio ai due imbocchi con uomini addestrati presenti ventiquattr'ore su ventiquattro. Questa soluzione permette un'azione immediata. L'esercizio deve disporre di mezzi leggeri e veloci quali motociclette con estintori e veicoli tipo «*Land Rover*» con estintori e serbatoi di polvere e «*light water*». Per gli incendi più gravi, va comunque sempre previsto l'intervento dei vigili del fuoco. Il piano di intervento deve essere predisposto in collaborazione con il loro comando.

## CONCLUSIONI

A conclusione di questa relazione, vorremmo dire che i problemi di sicurezza non vanno drammatizzati. In fondo, i tunnel sono tratti di strada coperti. Alla domanda se il traffico corre più sicuro in galleria o all'esterno, la casistica dà una risposta favorevole alle gallerie. L'uomo però si trova più a suo agio all'aperto, alla luce del sole. Per questo fanno più paura gli incidenti e, soprattutto, gli incendi in sotterraneo. L'ambiente è praticamente chiuso, l'illuminazione può mancare.

Chi progetta o gestisce un tunnel deve tenere conto di questi fattori ed affrontare i problemi della sicurezza in modo equilibrato, senza esagerati timori e ricordando che non esiste sistema che elimini del tutto i rischi. Il rischio va quindi accettato ma deve essere portato allo stesso livello per l'insieme delle apparecchiature, delle attrezature e dei mezzi di sicurezza. È, ad esempio, inutile disporre di un ottimo impianto di televisione a circuito chiuso se poi i mezzi d'intervento sono carenti.

La configurazione del nostro e di altri paesi europei, la diffusa tendenza, per la difesa della proprietà privata e sotto la spinta degli ecologisti, ad accettare sempre meno i tracciati all'aperto, laddove la strada può nascondersi sotto terra, assicurano un certo avvenire ai tecnici che si occupano di gallerie, e rendono attuali le questioni di cui abbiamo trattato oggi.

# Il nuovo valico ferroviario del Brennero inteso come prima fase funzionale del quadruplicamento Monaco-Verona

Carlo FOCACCI (\*), Francesco MONTANARI (\*\*)

Nel 1983 il dottor Erich del Ministero dei Trasporti Bavarese previde, con orizzonte temporale 2005, un aumento di traffico merci attraverso il valico del Brennero di 11 milioni di tonnellate. Il dottor Erich, nel 1983, non indicava alcuna scelta modale sul come portare questi 11 milioni di tonnellate, se, cioè, su strada o su ferrovia.

Nel 1984, però, il Governo Austriaco mise a punto un programma che prevede il trasferimento, entro il 1994, dalla strada alla ferrovia di 3000 autotreni al giorno organizzando 112 treni atti al trasporto combinato.

Combinando le previsioni bavaresi con il programma austriaco discendono tre conseguenze:  
a) è necessario potenziare entro il 2005 l'infrastruttura di trasporto lungo l'asse del Brennero, presentando quella attuale un margine di capacità inferiore agli 11 milioni di tonnellate (essendo praticamente nullo l'asse ferroviario e di 9 milioni di tonnellate l'asse stradale);  
b) l'infrastruttura da potenziare dovrà essere quella ferroviaria; se infatti gli austriaci si riprogettano di trasferire parte dell'attuale traffico dalla strada alla ferrovia è evidente che si opporranno ad un aumento del traffico su gomma.  
c) i tempi entro i quali occorre disporre di una maggior capacità sull'asse ferroviario diventano più stretti che non in passato.

Quest'ultimo costituisce un elemento di non poco conto sia per la necessità che si manifesta di ricercare ogni accorgimento per massimizzare la capacità dell'asse costituito dagli attuali due binari, sia perché impone la scelta di soluzioni di quadruplicamento, che richiedono tempi di realizzazione coerenti con il concretizzarsi della domanda.

Mi sembra questo un aspetto importante, anche se non ce ne fossero altri, che dovrebbe far preferire soluzioni che contengono la lunghezza della galleria alle altre, se si vogliono rispettare gli appuntamenti che ci vengono imposti dall'aumento della domanda.

Non è un caso che lo stesso dottor Erich, che nel 1983 era, per così dire, neutrale rispetto alla

lunghezza della galleria di valico, nel 1985, a Verona, era diventato un sostenitore della soluzione «medio lunga».

## *Il nuovo valico del Brennero*

Consapevoli di tali tempi ristretti, i Ministri dei Trasporti della Repubblica Federale Tedesca, dell'Austria e dell'Italia hanno approvato nel luglio scorso un disciplinare tecnico per appaltare ad un Consorzio Internazionale lo studio di fattibilità del nuovo valico del Brennero inteso come prima fase funzionale del quadruplicamento Monaco-Verona, dando contemporaneamente il mandato alle tre Amministrazioni ferroviarie di formalizzare l'incarico al Consorzio. La stesura del contratto di affidamento è in corso di perfezionamento per cui è da presumere che esso venga stipulato entro l'anno in corso in modo da disporre, se non sorgeranno imprevisti ostacoli, dello studio di fattibilità entro l'anno prossimo.

L'oggetto dello studio è l'individuazione di un nuovo tratto di linea (e degli impianti di stazione connessi) collegante l'area di Innsbruck con l'area di Vipiteno dopo avere messo tale soluzione a confronto con le altre possibili. Appare subito chiaro che una scelta di fondo consisterà nella localizzazione della stazione di confine merci, dove devono essere svolte tutte le operazioni tecniche ed amministrative legate all'esistenza di un confine, impianto del quale l'asse del Brennero attualmente è privo. Ma anche se non esistesse il confine, un impianto di stazione è indispensabile in prossimità di uno dei due imbocchi della galleria: innanzi tutto per motivi di sicurezza e, subito dopo, per costituire un «polmone» atto a garantire un'accettabile regolarità della circolazione. In presenza, infatti, di una galleria lunga più del doppio di quelle attualmente in esercizio e per la quale, quindi, le esperienze fatte non sono estrapolabili con una sufficiente affidabilità, occorre disporre di spazi, agli imbocchi, sufficienti per organizzarvi attività preventiva, di controllo dell'infrastruttura, manutentiva e di intervento di emergenza. In presenza, inoltre, di una circolazione che comporta il transito su ciascun binario di un treno ogni dieci/dodici minuti è indispensabile poter rapidamente accantonare quel convoglio che denunci una puro minima anormalità, se non si vuole che essa si ripercuota sulla marcia degli altri con conseguenze deleterie sulla regolarità della circolazione.

(\*) Ingegnere, Direttore 2<sup>a</sup> Unità Speciale F.S., Ferrara.

(\*\*) Ingegnere, 1<sup>o</sup> Dirigente della 2<sup>a</sup> Unità Speciale F.S.

Teoricamente la stazione di confine può prevedersi sia sul versante italiano che su quello austriaco, tecnicamente non fa alcuna differenza. In concreto, però, sembra accertata l'impossibilità di realizzarla sul versante austriaco per l'assenza di sufficienti spazi. La nuova coppia di binari dovrà permettere una velocità massima per i treni passeggeri di 250 km/h ed una velocità di circolazione per i treni merci di 120 km/h; complessivamente l'intero asse a quattro binari dovrà avere una potenzialità di 400 treni/giorno. Le altre caratteristiche geometriche e cinematiche su ogni singolo tratto saranno quelle della rete esistente, quindi la posizione della stazione di confine definirà anche la separazione fra due standards di esercizio.

### La galleria di valico

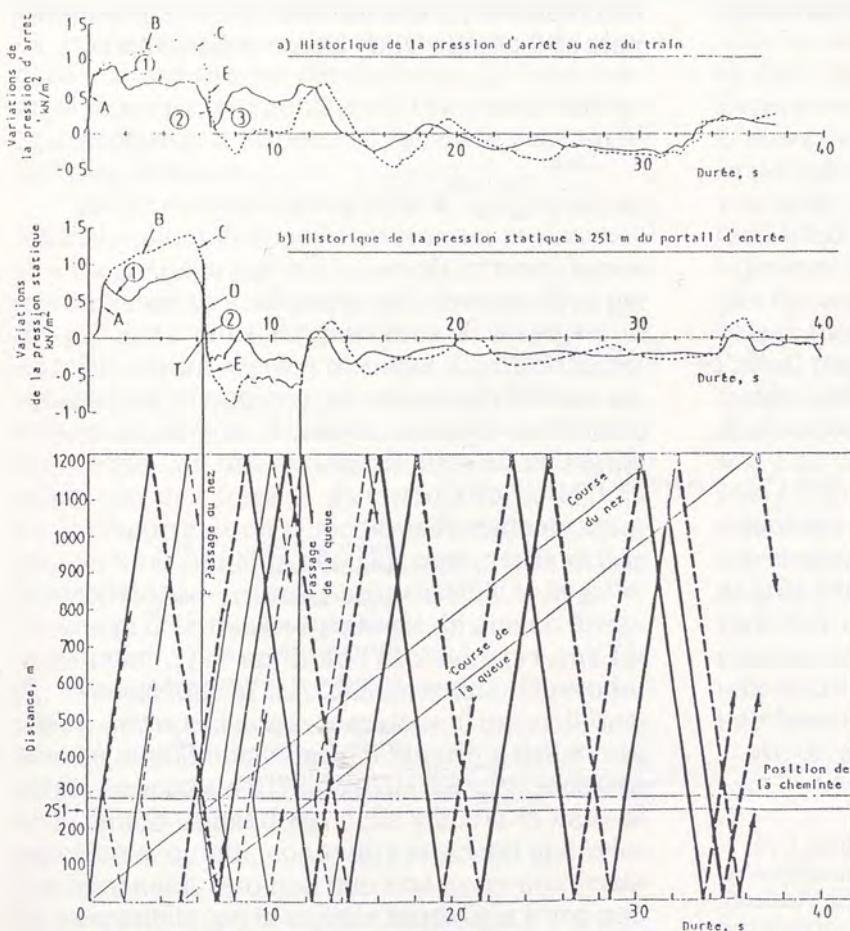
Il fatto che il nuovo valico del Brennero sia connesso con la costruzione di una galleria di lunghezza inusuale, oscillante — a seconda delle soluzioni - da 35 km a 60 km circa, mentre le più lunghe gallerie ferroviarie in esercizio non raggiungono i 20, unito all'esigenza di realizzare un'infrastruttura che permetta — se non l'alta velocità

— certamente una velocità elevata, pone una serie di complessi problemi progettuali, costruttivi e di esercizio.

Il moto di un treno in galleria produce due tipi di sovrapressioni: il primo ad andamento oscillatorio, di natura transitoria, è causato dalla pressione che si crea immediatamente davanti alla testa e dalla depressione che si forma immediatamente dopo la coda del convoglio, il secondo, a carattere stazionario, è causato dagli attriti che si oppongono al movimento dell'aria davanti e dietro al treno e nell'intercapedine fra treno e galleria.

Le intensità raggiunte dalla pressione al manifestarsi dei due fenomeni sono analoghe: il primo, però, condizionando il confort del viaggiatore, impone, praticamente, un limite alla velocità dei treni; del secondo, invece, che si presenta come una vera e propria resistenza addizionale al moto, occorre tener conto quando si fissa la pendenza delle tratte di linea in galleria.

Lo studio della sovrapressione transitoria è stato affrontato teoricamente dall'inglese Vardy dell'Università di Dundee, che ha messo a punto un modello matematico mediante il quale si possono calcolare i valori massimi che ci si deve attendere in funzione della velocità del treno, della



#### Courbes: légende

- ..... Cheminée obturée (marche 108)
- Cheminée ouverte (marche 330)
- A Onde d'entrée du train
- B Augmentation de la pression due au frottement
- C Chute de pression due à l'onde d'entrée de la queue
- D Chute de pression due au passage du nez
- E Réflexion de l'onde d'entrée du nez
- T Heure à laquelle le nez passe au point de mesure de la pression statique
- ① Réflexion de l'onde d'entrée du nez à partir de la cheminée d'aération
- ② Chute de pression due à la réflexion de l'onde d'entrée du nez (cheminée ouverte)
- ③ Augmentation de pression due au passage le long de la cheminée

#### Sinusoidal : légende

- Cheminée d'aération obturée: onde de compression
- - - Cheminée d'aération obturée: onde d'expansion
- Principales ondes supplémentaires dues à l'ouverture de la cheminée:
- Onde de compression
- - - Onde d'expansion

sua lunghezza, della lunghezza della galleria e della presenza di accorgimenti smorzatori quali ingressi svasati e/o perforati, come di aerazione.

Recentissimi esperimenti condotti in sede ORE hanno confermato la validità del modello Vardy (fig. 1), sia per quanto riguarda l'andamento del fenomeno, sia (e questa è dal punto di vista progettuale la cosa più interessante) per gli effetti degli accorgimenti sull'abbattimento delle sovrapressioni.

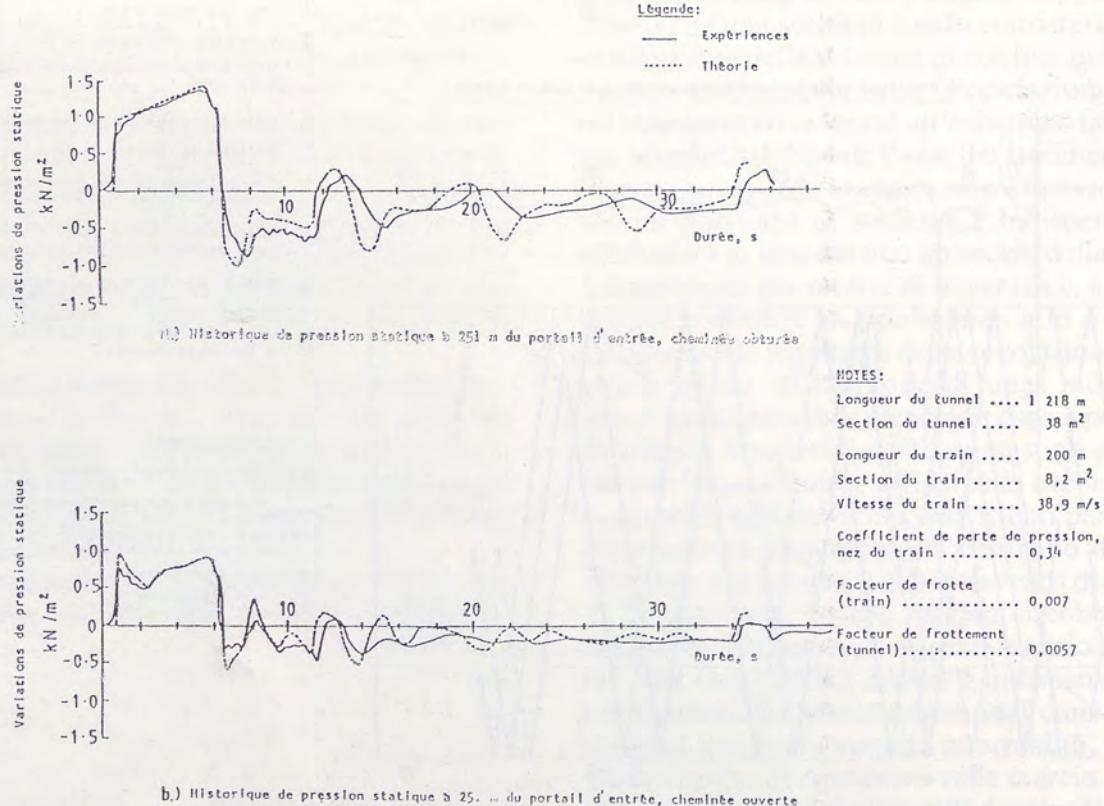
Solamente per dare un'idea del problema in fig. 2 si sono riportati due grafici tratti dalle conclusioni del gruppo di lavoro ORE sulla circolazione in galleria. Sia sul primo tratto da una stazione di rilevamento sul muso del locomotore che sul secondo, rilevato a terra, si nota una sensibile riduzione delle sovrapressioni per la presenza di un condotto di aerazione. Con il conforto di tale conferma sarà così possibile studiare le caratteristiche (sezione, passo, lunghezza) da attribuire ad un sistema di condotti di aerazione indispensabile quando la velocità supera la soglia dei 200 km/h e la lunghezza della galleria superi i dieci chilometri.

Nel caso di una galleria come quella prevedibile sul nuovo valico del Brennero, simili considerazioni potrebbero contribuire a dimostrare la necessità di disporre di un cunicolo che corra parallelamente alla galleria principale, frequentemente interconnesso con essa.

Gli esperimenti condotti, però, hanno interessato solamente il moto di un solo treno in galleria; appare quindi opportuno, prima di definire il livello di servizio raggiungibile su infrastrutture per le quali non si può proporre alcuna estrapolazione con quelle esistenti, approfondire la ricerca esaminando gli effetti del moto di due treni che si seguono per verificare se si manifestano fenomeni di risonanza nel transitorio in funzione del distanziamento tra i convogli e se si possono temere disturbi da affaticamento sui viaggiatori sottoposti a pressione a carattere oscillatorio per periodi non brevi, accanto a quelli connessi alla presenza di due convogli che si incrociano per i quali è facile prevedere una esaltazione della sovrapressione anche se il fenomeno dovrebbe rapidamente attutirsi per i disturbi reciproci fra i due treni d'onda.

Diverso è, invece, l'effetto stazionario di una colonna d'aria di una lunghezza pari alla differenza fra le lunghezze della galleria e del convoglio, che viene messa in movimento ad una velocità che, ad una certa distanza dal treno, può considerarsi costante, fenomeno il cui studio può essere affrontato assimilandolo al moto di un liquido.

È unanimemente accettato che la resistenza addizionale prodotta da tale fenomeno dipenda dalla lunghezza della galleria, dal quadrato della velocità del treno, e che sia inversamente proporzionale al diametro equivalente della galleria.



Non essendo sperabile ridurre sensibilmente tale resistenza agendo sul veicolo (la resistenza all'avanzamento del TGV è dello stesso ordine di grandezza di quella di un elettrotreno vecchio di 50 anni come l'ETR 220) è indispensabile agire sull'infrastruttura scegliendo una galleria a sezione unica piuttosto che a doppia sezione, anche se tale soluzione offre, in caso di incidente su di un binario, minore protezione alla circolazione su quello accanto. Per di più, per non essere costretti a installare sui mezzi potenze specifiche tipiche di un treno specializzato come il TGV anche in presenza di pendenze modeste, ci si sta orientando verso sezioni di galleria nettamente più grandi che non le attuali. Le Ferrovie Tedesche, per esempio, utilizzano una sezione di 125 m<sup>2</sup> che, per la sua ampiezza, permette l'eliminazione delle nicchie e lo stesso studio di fattibilità dell'alta velocità delle FS prevede una sezione di galleria di circa 87 m<sup>2</sup> (DD<sup>me</sup> 57).

Per completare gli aspetti relativi alla sezione trasversale di una linea in sotterraneo vorrei fare cenno alla presenza o meno di un cunicolo indipendente che corra lungo tutto l'asse della galleria principale, frequentemente interconnesso con essa. È oramai unanimemente accettato che sia conveniente, non appena sia possibile, realizzare un cunicolo prima dello scavo di una galleria, specie se è lunga, al fine di conoscere punto per punto, prima dello scavo, le caratteristiche dei terreni da attraversare per dimensionare il rivestimento, predisporre, eventualmente, i preconsolidamenti, organizzare il cantiere in funzione delle difficoltà da superare.

Tale conoscenza conseguibile solo scavando un cunicolo pilota di dimensioni ridotte; posizionarlo a fianco della galleria e non all'interno di essa può apparire una soluzione più costosa. Si è, però, già detto circa l'opportunità di disporre, in esercizio, di un sistema di canne d'aerazione per abbattere le sovrapressioni, ma se esso dovesse assolvere a tale sola funzione, sarebbe sufficiente prevederlo con una sezione di circa 10 m<sup>2</sup> realizzabile con una fresa di diametro attorno ai 3,50 m. Il disporre di un cunicolo indipendente assume, per altro, un'altra notevole importanza in fase di esercizio, addirittura indispensabile se la galleria supera determinate lunghezze, in quanto diventa strumento per un rapido accesso e per una facile evacuazione in caso di anormalità. Dovendo, allora, tale opera essere accessibile ai mezzi di ispezione e di manutenzione del binario e della linea aerea, permettere il transito dei mezzi di soccorso ed il rapido abbandono della galleria in caso di necessità e, quindi, consentire ai veicoli una velocità sostenuta, esso non può non avere una sezione compatibile con la sagoma ferroviaria e non può non essere arredato con un binario a scartamento normale interconnesso con la linea principale. Il

diametro della sezione libera non potrà essere inferiore a 6,60 m, equivalente ad un diametro di circa 7 m.

Mi rendo conto che ciò vuol dire aumentare sensibilmente i costi sia perché significa più che raddoppiare la sezione di scavo, sia per le interconnessioni che sarebbe necessario realizzare, ma le distanze in gioco, la dimensione del problema in caso di anormalità all'esercizio (un convoglio trasporta circa 500 passeggeri), la necessità di non penalizzare eccessivamente la potenzialità della linea rendono, a mio avviso, tale soluzione obbligata. Una tale sezione, per altro, permetterebbe di utilizzare, in sede di costruzione, il cunicolo come via di accesso per la costituzione di un numero elevato di cantieri e, quindi, contenere i tempi di costruzione della galleria. Appare molto difficile, infatti, e con costi paragonabili al maggior onere che si dovrebbe affrontare maggiorando la sezione del cunicolo realizzare un sistema di finestre e di pozzi intermedi per aprire i fronti di scavo in numero sufficiente a contenere i tempi di costruzione della galleria in termini accettabili.

### *Le ripercussioni sull'ambiente*

È chiaro che la realizzazione di un'opera di queste dimensioni coinvolge problemi di conservazione del territorio e di vivibilità dell'ambiente, sia in fase di esercizio, cioè nel momento in cui l'opera sarà realizzata, sia in fase di costruzione. L'attivazione della nuova coppia di binari arrecherà un indubbio miglioramento della qualità della vita nelle zone attraversate anche rispetto agli attuali livelli di vivibilità. Essa, infatti, da una parte permettendo di trasferire traffico dall'autostrada alla ferrovia contribuirà a diminuire il livello globale di inquinamento chimico ed acustico (<sup>1</sup>), dall'altra, poiché la nuova linea sarà gestita unitariamente con l'attuale coppia di binari, all'interno di un unico asse, assorberà l'intero traffico di transito e ad alta velocità interessante, quest'ultimo, solo i centri maggiori, lasciando all'attuale linea solamente il traffico che interessa le comunità attraversate. Poiché la nuova coppia di binari sarà di gran lunga meno aggressiva nei riguardi della vivibilità che non l'attuale, in quanto corre per gran parte in galleria, il suo utilizzo comporterà una sicura diminuzione di immissioni moleste per l'ambiente.

In definitiva, e questa considerazione dovreb-

(<sup>1</sup>) I risultati di recenti esperimenti condotti dalle Ferrovie Austriache, confermati da altri effettuati dall'Istituto Sperimentale delle FS, hanno dimostrato che il mezzo ferroviario, a parità di volume di traffico e di velocità, produce minor inquinamento da rumore che non il mezzo stradale. Per di più esso è meglio sopportabile dall'organismo umano.

be tranquillizzare le popolazioni della valle dell'Isarco, mentre oggi sulla linea attuale transita un traffico misto, di interesse locale e di lunga percorrenza, e sull'autostrada un traffico pesante ed uno leggero, a quadruplicamento realizzato sulla linea attuale passerà solo il primo e sull'autostrada essenzialmente quello che interessa le zone attraversate.

Mi sembra, invece, necessario soffermarci sul problema, a mio avviso sottovalutato, dell'assicurare l'equilibrio ecologico in corso di costruzione. Purtroppo più volte abbiamo sentito (e più volte abbiamo letto) sottovalutare il problema della sistemazione di volumi dell'ordine di grandezza di decine di milioni di m<sup>3</sup>. Non ricordo (ma è certamente una mia carenza) di aver mai visto che sia stato mai discusso e nemmeno presentato un concreto piano di depositi o, meglio ancora, di riuso del materiale. È la strada che le FS stanno percorrendo in Friuli per il raddoppio Pontebba-Confine di Stato; mediante un confronto con la Regione, con i Comuni, con l'Azienda di Stato per le Foreste e con tutti gli Organi interessati alla tutela del territorio stiamo mettendo a punto un piano poliennale di riuso e di sistemazione dei circa tre milioni di m<sup>3</sup> di materiale che proverranno nel corso del triennio 1987-89.

Tornando al nostro caso, ho sentito parlare di portare lo smarino in Adriatico. Vorrei rammentare che il costo di trasporto ad una distanza di 10 km è circa il 10% del costo dello scavo; se si vuol portare lo smarino in Adriatico (ammesso che non provochiamo anche li dissetti ecologici), il costo del trasporto diventa tre volte quello dello scavo. È ben vero che il costo dello scavo varia da un quarto ad un terzo del costo della galleria, ma ciò vuol dire che il costo del trasporto egualierebbe, come ordine di grandezza, quello della galleria. È evidente che si possono fare tutte le proposte che si vuole ed è anche vero che, per affrontare problematiche inusuali come quella di cui si parla, non si deve aver timore di usare la fantasia, ma occorre essere consapevoli dei costi che de-

vono essere affrontati. Ignorarli, specie se ad affrontarli devono essere altri, non mi sembra utile alla realizzazione di qualsiasi intervento, particolarmente quando l'intervento ha una simile dimensione.

Un altro aspetto accanto a quello economico, però, va valutato: quale infrastruttura si pensa di utilizzare per trasportare una tale quantità di materiale a tali distanze? Non su ferrovia: manca la capacità di trasporto necessaria. Allora su strada. Vi lascio immaginare cosa vorrebbe dire trasportare 10-15 milioni di m<sup>3</sup> di materiale con camion pesanti su una rete stradale che certamente non è stata dimensionata né come capacità né strutturalmente per un simile traffico, senza contare le ripercussioni che si avrebbero sulla vivibilità delle zone attraversate della quale già oggi ci si lamenta per il suo basso livello. Se avete difficoltà ad immaginare un simile quadro vi prego di visitare la zona di Cervignano dove, in presenza di un problema di segno opposto, ma del tutto analogo, si stanno mobilizzando 4,5 milioni di m<sup>3</sup> di materiale per realizzare il rilevato del nuovo scalo di smistamento.

Se si vuole veramente il nuovo valico del Brennero è indispensabile mettere a punto un piano articolato, calibrato temporalmente sulla durata dei lavori, che preveda il riuso immediato del materiale accanto ad una sua collocazione provvisoria in vista di un riuso differito e ad una sua collocazione definitiva. Dando prova di concretezza e di volontà di realizzare, il disciplinare approvato dai Ministri dei Trasporti Italiano, Austriaco e Tedesco, prevede, appunto, un tale piano da concordare con tutti gli Enti preposti alla tutela del territorio. Affermazioni non legate alla realtà o che sottovalutino il peso di problemi non aiutano a costruire il nuovo valico del Brennero, ma anzi creano altri tronchi morti accanto ai fin troppi già esistenti presenti sulla strada della realizzazione, tronchi che è necessario rimuovere al più presto se si vuol rispondere alla domanda di trasporto che si preannuncia e che citavo all'inizio della relazione.

# Esperienze di gestione del Traforo autostradale del Fréjus e ipotesi di sviluppo

Giovanni DESIDERIO (\*)

A sei anni dall'apertura al traffico, il Traforo Autostradale del Fréjus va sempre più affermandosi sia per costante aumento del traffico, sia per le interrelazioni con le infrastrutture nazionali ed internazionali.

Riguardo al primo punto il nostro traforo ha confermato la sua vocazione di traforo «commerciale», valido cioè soprattutto per i veicoli pesanti che sono in continuo e costante aumento. Dagli 85.000 veicoli commerciali transitati nell'81 si è arrivati ai 350.000 previsti per la fine dell'86, mentre è rimasto pressocché invariato il numero dei veicoli leggeri. Non è questa la sede per un esame approfondito di tali dati; basti qui sottolineare la validità di quest'opera di collegamento di respiro europeo, che si pone come un'importante risposta alle accresciute necessità di scambi: di unificazione commerciale e culturale di grandi aree europee e di un diverso rapporto fra le aree del Nord Europa e quelle del Mediterraneo. Il Fréjus è il punto chiave del collegamento con gli assi dei traffici Nord, Nord-Ovest attraverso il «corridoio» del Rodano, che è una delle più importanti concentrazioni europee - di infrastrutture di trasporto - di insediamenti industriali - di produzione di energia - di scambi commerciali e culturali. Il Fréjus sta anche diventando un punto importante di collegamento con gli stessi paesi dell'area iberica, recentemente entrati nel MEC. Un ultimo razionale studio sulla viabilità ha infatti dimostrato la vantaggiosità di questo confine, rispetto a Venticimiglia, per gli autotrasportatori spagnoli e portoghesi, con un risparmio di 90 km sull'intero percorso.

Dal punto di vista della viabilità nazionale, all'interno del piano dei trasporti recentemente approvato e con l'applicazione della legge n. 531 dell'82, il Fréjus si pone come parte integrante del sistema viario pedealpino-padano (Torino-Trieste) per mezzo della realizzazione del collegamento autostradale al sistema tangenziale di Torino e dell'apertura al traffico dell'Autoporto di Susa, e si pone come l'unico traforo che, parallelo ad una linea ferroviaria transalpina a doppio binario, offre la possibilità di integrazione col sistema ferroviario nazionale. Con la realizzazione del centro internodale di Orbassano, il Fréjus diventa altre-

sì punto di riferimento importante del sistema «tirrenico» (Genova-Napoli-Palermo) poiché si attuerà un modello organico di offerta di trasporto con integrazione mare-strada-ferrovia sino ad oggi inedito.

Proprio per l'importanza che il Traforo del Fréjus riveste, è necessario soffermare l'attenzione sui problemi che la gestione comporta sul piano organizzativo e funzionale. Se si vuole essere parte integrante di un sistema di trasporti quale quello auspicato dal piano nazionale, si deve maggiormente essere attenti alla qualità e alla rapidità dei servizi. Ecco perché il nostro Traforo offre:

- un costante miglioramento nell'esazione pedaggi;
- un controllo attento e qualificato di transiti particolari;
- una capacità di informazione agli utenti su tutto il sistema;
- una sicurezza in termini sempre più adeguati alle esigenze poste dalla quantità e dalla qualità dei traffici.

In tal senso mi sembra necessario sottolineare alcuni punti.

Il nostro sistema di esazione pedaggi è totalmente meccanizzato e consente un continuo controllo dei traffici. Consente inoltre diverse forme di abbonamento con pagamento differito. È in fase di realizzazione l'installazione di una pista automatica per gli abbonati. Inoltre si stanno modificando i programmi in modo da consentire l'accettazione delle Carte di Credito e della Carta Interroute.

È stato recentemente installato un impianto radio che, attraverso un cavo radiale posto lungo tutto l'asse della galleria, consente il collegamento via radio fra gli agenti di sicurezza che scortano le merci e il posto di controllo centralizzato, consentendo così il passaggio di materie considerate pericolose dall'ADR in convogli di cinque camion, che altrimenti non potrebbero transitare. Questo cavo consente inoltre agli utenti l'ascolto di programmi radio nazionali anche in galleria.

In entrata, al casello di esazione pedaggi, si stanno predisponendo tabelloni con messaggi variabili che danno la possibilità agli utenti di conoscere le condizioni particolari di traffico in galleria e nelle strade di accesso al Traforo.

Uno fra i tanti impianti che contribuiscono alla sicurezza, è quello di illuminazione della galleria. L'illuminamento al centro della carreggiata è di

(\*) Geometra, Direttore di esercizio del Traforo del Fréjus.

55 lux ed è assicurato da lampade miste fluorescenti (40 Watt) e a vapori di sodio (35 Watt) disposte su entrambi i piedritti ad una altezza di m 4,30 dal piano stradale e ad una distanza di 9 m l'una dall'altra. Queste lampade sono collegate a 3 circuiti indipendenti, uno dei quali a prova di fuoco e allacciato a gruppi eletrogeni di emergenza che assicurano un illuminamento di 15 lux in caso di assenza di alimentazione elettrica dalle reti nazionali. Agli imbocchi ci sono dei rinforzi luminosi che raggiungono un massimo di 1300 lux per favorire l'adattamento dell'occhio umano alle nuove condizioni di visibilità all'interno della galleria. Questi sono circuiti autonomi, comandati da cellule fotoelettriche poste all'esterno della galleria. Per migliorare la luminosità ed evitare il senso di oppressione all'utente, le pareti sono state verniciate con vernice epossidica chiara. Tale vernice aumenta l'illuminamento di circa il 15% ed essendo opaca, impedisce la riflessione della luce dei fari sulle pareti, fastidiosa per l'abbagliamento degli automobilisti.

Un altro settore che coinvolge direttamente la sicurezza e la gestione del traforo è il controllo centralizzato. Il nostro traforo ha due posti di controllo centralizzato: uno in Italia, il principale (che verrà ultimato a febbraio) e uno in Francia che fungerà da posto di controllo ausiliario. Il sistema di controllo è un settore molto importante poiché deve provvedere non solo alla regolazione degli impianti di illuminazione e ventilazione in funzione delle esigenze del traffico, ma deve operare e supervisionare tutto il sistema di sicurezza della galleria. Il sistema di controllo, per fornire le informazioni necessarie alle condizioni di guida entro la galleria, deve recepire rapidamente le informazioni e trasmettere altrettanto rapidamente le istruzioni relative ad ogni anomalia di traffico e di impiantistica. Tutto questo comporta un insieme di metodi e di operazioni alquanto complesse e sofisticate. Nel nostro traforo sono presenti tutti i sistemi necessari a garantire la sicurezza dell'utente. Per quanto riguarda i sistemi visivi, oltre ai tabelloni con messaggi variabili, che si stanno predisponendo all'entrata, abbiamo all'interno della galleria una segnaletica orizzontale e verticale molto particolareggiata:

- per quel che concerne i sistemi acustici, oltre all'impianto radio in galleria, di cui abbiamo già parlato e che costituisce una novità all'interno delle lunghe gallerie, nel nostro traforo si trovano pulsanti di allarme ogni 20 metri e ogni 250 metri esistono nicchie di chiamata, direttamente in contatto con il posto di controllo, dove l'utente può rivolgersi al regolatore per comunicare e chiedere aiuto;
- vi è poi un impianto televisivo a circuito chiuso, con telecamere poste ogni 250 metri all'interno della galleria che consentono di avere co-

stantemente sotto il controllo visivo l'intero percorso;

- per quel che riguarda i sistemi di prevenzione abbiamo un impianto antincendio che corre lungo tutta la galleria con idranti ubicati ogni 150 metri collegati a due serbatoi di riserva di 500 metri cubi dalla parte italiana e 250 metri cubi dalla parte francese.

Abbiamo due squadre di vigili del fuoco aziendali dotate di triestintori a schiuma, ad acqua e a polvere, costituite da personale altamente specializzato ed abilitato dai Vigili del Fuoco con aggiornamenti periodici (esercitazioni ogni 2 mesi). Questo personale ha inoltre partecipato a corsi di pronto intervento e pronto soccorso tenuti dalla Croce Rossa Italiana. In caso di necessità di evacuazione della galleria, gli utenti possono trovare ricovero in rifugi stagni posti ogni 1500 metri lungo la galleria e collegati al condotto dell'aria pura.

Per ultimo, ma non certo per importanza, vi è l'impianto di ventilazione. Esso consiste in quattro centrali di ventilazione, di cui due alle testate del tunnel (ognuna con una coppia di ventilatori assiali a pale variabili in moto per l'AF ed una coppia analoga di ventilatori per l'AV) e due in caverna entro il tunnel (ognuna con quattro ventilatori, come i precedenti, per l'AF ed altri quattro per l'AV). In tal modo la galleria risulta ventilata trasversalmente per tronchi di ~ 2 km. La portata di aria fresca totale è di ~ 1500 m<sup>3</sup>/s (125 m<sup>3</sup>/s × 12 ventilatori assiali) e quella viziata di ~ 1250 m<sup>3</sup>/s (104 m<sup>3</sup>/s × 12 ventilatori assiali). Sono possibili regimi di portata dal 20% al 100% della piena portata. Di norma sono attualmente previsti i regimi 40%, 60%, 80% e 100%. Il regime di ventilazione è controllato da 8 opacimetri e da 8 rivelatori di CO, facenti capo ad un elaboratore (PC) con programma automatico di gestione normale e programmi particolari in caso di eventi eccezionali (es. incendio). Il sistema di controllo (PC) rileva i valori di concentrazione di CO e dell'opacità D, scarta i due valori estremi, fa la media degli altri sei, nonché la loro derivata, ed in funzione dei valori di CO e D rilevati e tendenziali avvia o meno i ventilatori dell'aria fresca, su tutta o su metà galleria, ai vari regimi di portata nel campo 40% - 100%. È fissato un limite nel numero orario di partenze dei ventilatori per esigenze di esercizio e di buona conservazione delle apparecchiature, a meno di eventi particolari o di eccessivi aumenti di CO e di opacità in galleria. L'impianto di ventilazione per l'estrazione dell'AV viene attualmente impiegato per il controllo della velocità media dell'aria in uscita dai due imbocchi del tunnel, velocità che non deve superare gli 8 m/s, nonché per l'evacuazione dei tappi di fumo da scarichi di autocarri nel tunnel.

Inoltre in caso di incendio in galleria la ventilazione d'aria viziata è regolata sul massimo in mo-

do da aspirare i fumi dell'incendio. La portata di immissione d'aria pura è mantenuta ad un valore un po' inferiore alla portata di aspirazione dell'aria viziata, in modo da evitare che i fumi tendano a propagarsi e nello stesso tempo fare arrivare alle persone presenti in galleria una sufficiente quantità di aria pura.

Si sta ora studiando la possibilità di utilizzare il tiraggio naturale dei pozzi dell'AV per sfruttare in parte la ventilazione naturale della galleria in sostituzione di quella meccanica. Le altezze dei due pozzi (~ 500 m quello italiano e ~ 700 m quello francese) sono tali da offrire una depressione alla base dei pozzi, idonea per attivare portate notevoli, aspirate naturalmente lungo la galleria. Il problema però è complesso, in quanto il tronco centrale della galleria (~ 4 km) richiede l'apporto della ventilazione meccanica ed inoltre risulta funzione dei valori bidirezionali del traffico (soprattutto di quello pesante, che crea un notevole effetto pistone) delle temperature esterne dell'aria all'esterno della galleria, alla base ed alla sommità dei pozzi e delle altre condizioni meteorologiche (vento, pressioni barometriche).

Si prevedono soluzioni possibili attivando su alcuni tronchi la ventilazione meccanica in ausilio ed in correzione all'aspirazione naturale dei pozzi, così da avere portate di aria sufficienti per moderate intensità di traffico lungo tutta la galleria. È ovvio che in queste condizioni, stante la distribuzione geometrica dei pozzi e dei tronchi di ventilazione lungo la galleria, si possono attuare risparmi energetici per i tronchi non ventilati meccanicamente.

Concludiamo ribadendo la necessità, affinché il sistema Fréjus sia completo, di ultimare l'asse autostradale Fréjus-Torino-Tangenziale.

Con l'atto di concessione del Traforo, veniva altresì data in concessione alla S.I.T.A.F. l'autostrada Torino-Fréjus. Allora si prevedeva una spesa di 270 miliardi. Eravamo nel 1972. L'articolo 18 bis della Legge Bucalossi del 1975 bloccava però la costruzione di tutte le nuove autostrade. Solo sette anni dopo, con l'art. 6 della Legge 531 dell'82 si stanziavano i primi 400 miliardi per iniziare la costruzione di questa autostrada. Attualmente so-

no in esercizio 7,5 km di superstrada a 3 corsie dal Piazzale Traforo a Savolux. Altri 12 km, Savolux-Deveys, sono in avanzata fase di costruzione da parte dell'A.N.A.S. e se ne prevede l'apertura entro la prossima primavera. Vi sono poi i 17 km più difficolosi: dalla Galleria di Deveys a Susa-Autoporto corrispondenti al III Tronco, questo è dato in concessione di costruzione alla nostra Società.

Il costo totale di questo Tronco è di 1.037 miliardi. Avendo lo Stato già stanziato 550 miliardi ne mancano ancora 487 per il completamento dell'intero tratto. Per la realizzazione, infine, del IV Tronco Susa-Tangenziale, la progettazione esecutiva generale, che verrà terminata dalla nostra Società entro fine anno, ci da una indicazione di spesa dell'ordine di 1.000 miliardi. Gli impegni finanziari per gli investimenti sopra descritti sono senza dubbio ingentissimi. È tuttavia opportuno che tali somme vengano reperite per assicurare uno sviluppo al Piemonte e all'intero Paese. Solo così l'Italia non verrà meno al ruolo che ad essa compete nel contesto dello sviluppo europeo migliorando la propria economia, facendo un uso razionale delle risorse di cui dispone. Negli ultimi anni emerge sempre più forte la necessità di una maggiore integrazione dell'economia italiana nel contesto europeo: perciò dobbiamo evitare ogni tentazione protezionistica, non dobbiamo avere una visione riduttiva del mondo del lavoro, ma ricercare nuove collaborazioni che consentano l'inserimento del nostro Paese nei nuovi flussi produttivi.

La capacità di partecipare, di cogliere in tempo le opportunità insite nei mutamenti macroeconomici in atto nella Comunità Europea, dipendono in larga misura da un efficiente e qualificato sistema del trasporto. Per questa ragione la velocità degli scambi e la mole dei flussi di traffico sono determinanti. Se non vogliamo emarginare l'Italia all'interno della CEE, ghettizzare il suo ruolo rispetto all'attuale sviluppo dei commerci mondiali, occorre davvero porre in opera politiche di investimento che, partendo da impegni già assunti dal Governo (come quelli concernenti il Fréjus) arginino il declino, invertano le tendenze ed aprano nuove prospettive per l'economia non solo del Piemonte, ma di tutto il Paese.

# Andamento e prospettive del traffico dopo oltre vent'anni di esercizio del Traforo del Gran San Bernardo

Emilio NOUSSAN (\*)

Dopo le relazioni tecniche e di gestione sul Traforo del Gran San Bernardo, illustrate nei precedenti incontri, giunge opportuno il tema prescelto in questa occasione, e cioè un esame dell'andamento del traffico in questi ventidue anni di funzionamento, una verifica delle aspettative di allora e, in una situazione oggi profondamente mutata, qualche considerazione sul traffico dei prossimi anni.

Al 31 ottobre 1986 quasi 11 milioni di autoveicoli hanno attraversato il nostro traforo nei due sensi. Si tratta di un traffico sostanzialmente turistico (quello commerciale rappresenta poco meno del 10% dei passaggi) e quindi caratterizzato da un andamento fortemente variabile nel corso

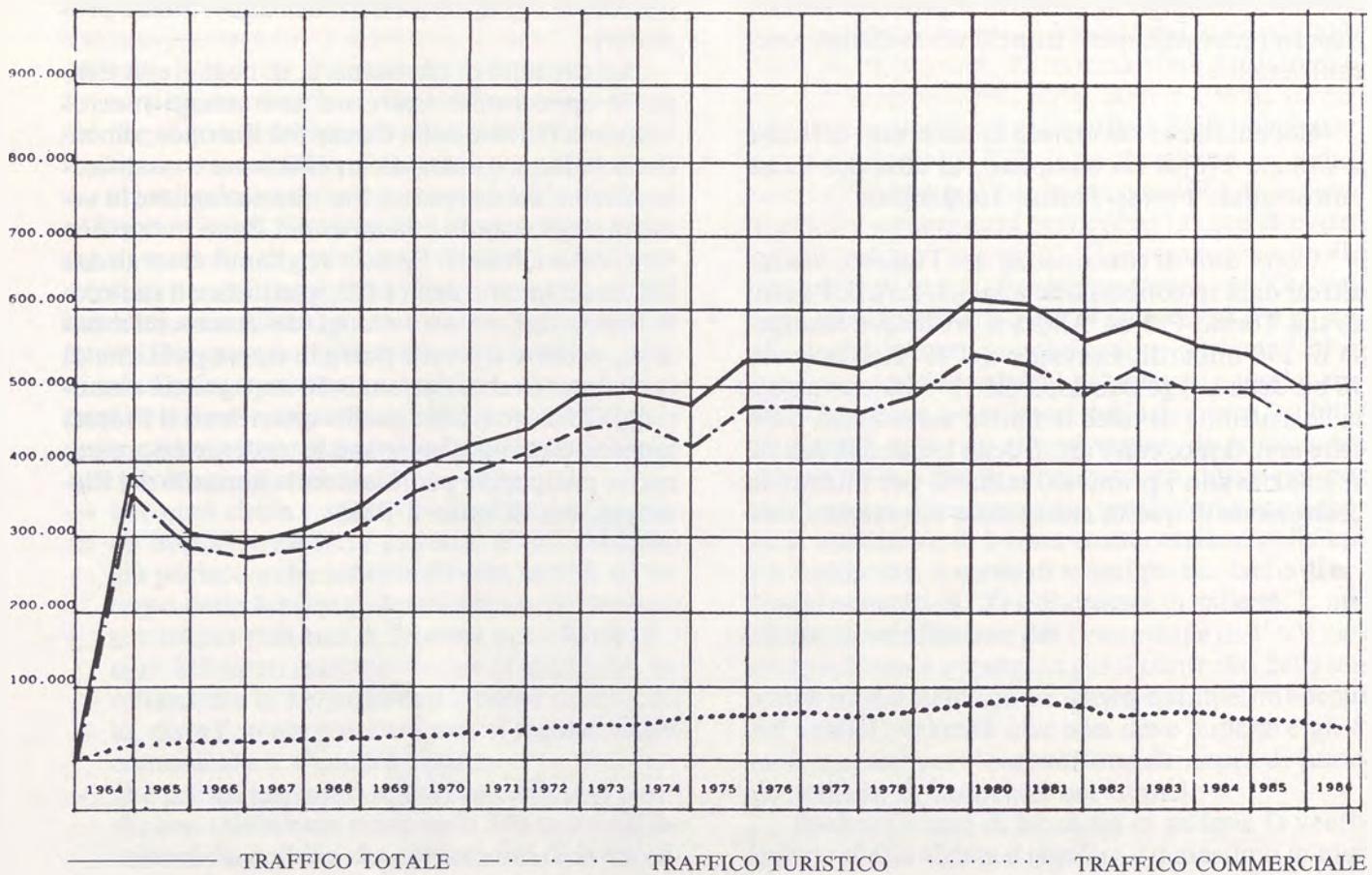
(\*) Ingegnere, Presidente SITRASB S.p.A. (Società Italiana Traforo Gran San Bernardo).

dell'anno, minimo nei mesi di dicembre e gennaio (al di fuori delle festività di fine anno) e massimo nei mesi di luglio ed agosto, mesi nei quali si concentra oltre il 30% dei transiti. Durante i mesi estivi, da giugno a settembre, si registra il 55,5% di transiti, mentre nello stesso periodo un numero all'incirca uguale di veicoli (200/250.000) attraversa nei due sensi il vicino e soprastante valico.

Il traffico commerciale, crescente linearmente con un incremento medio annuo del 16% dal 1965, primo anno completo di funzionamento, fino al massimo di quasi 72.000 passaggi nel 1980, ha poi subito un calo con percentuali via via crescenti fino al -16,2% del 1985.

Il traffico turistico ha presentato invece una crescita più irregolare fino al massimo di circa 514.000 passaggi nel 1979, assestandosi intorno ai 500.000 passaggi tra il 1978 e il 1984, ma con un progressivo calo dai 522.000 passaggi dell'80

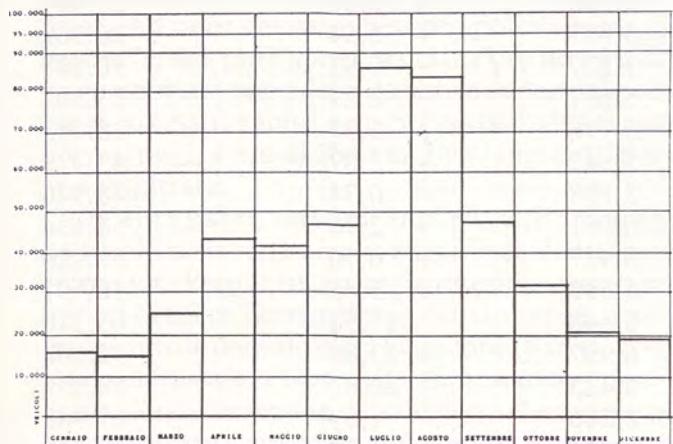
Tavola 1  
ANDAMENTO DEL TRAFFICO DAL 19.3.64 AL 31.10.86



fino a 450.000 passaggi dello scorso esercizio.

Al 31 ottobre di quest'anno si riscontra un rallentamento nella flessione del traffico commerciale rispetto al 1985 (attualmente dell'ordine del 3,71%) ed un aumento del traffico turistico di circa il 2,0% che porta ad un aumento medio di circa 1,3%.

Tavola 2  
DISTRIBUZIONE MEDIA MENSILE DEL TRAFFICO  
TOTALE DAL 19.3.64 AL 31.12.85



Dall'analisi dei dati sommariamente esposti, ma che potrete ritrovare nel dettaglio in allegato (vedi tavole da 1 a 5) selezionati ed analizzati sotto diversi aspetti, emerge dunque un andamento dei transiti in costante crescita fino agli anni 1979/80, sostanzialmente stabile nei due anni successivi, ed in forte calo (soprattutto il commerciale) dal 1983 fino allo scorso anno. Il modesto aumento del traffico turistico ed il rallentamento del calo del traffico commerciale verificatisi nel 1986, non sono di per sé significativi, anche se interrompono di fatto la tendenza negativa degli ultimi anni.

Prima di ricercare le cause più o meno evidenti di questa contrazione dei passaggi, vorrei brevemente richiamare i motivi che spinsero a costruire un traforo sotto il Gran San Bernardo ed a scegliere l'attuale collocazione.

Tra le varie possibilità di collegare il Mar Ligure (Genova e Marsiglia) al Nord Europa attraverso il Piemonte, quella offerta dalla direttrice del Colle del Gran San Bernardo, oltre che conveniente in rapporto alla viabilità esistente e prevista all'epoca, costituiva l'ideale completamento di una via di transito il cui uso si perde nei secoli, e che era già oggetto di diversi progetti (e persino di un tentativo) di Traforo sin dagli anni 1850.

Tavola 3  
STATISTICA DEI PASSAGGI AL TUNNEL DEL GRAN SAN BERNARDO

Anni	Vetture	Camions	Pullman	Totale	% aumento
1964	356.109	4.011	8.468	368.588	progr.
1965	286.713	13.232	7.046	306.991	- 16,72
1966	269.840	17.050	6.407	293.297	- 20,43
1967	283.444	17.418	6.045	306.907	- 16,74
1968	311.520	17.884	5.520	334.924	+ 9,14
1969	357.915	20.488	5.881	384.284	+ 4,26
1970	384.928	25.021	5.827	415.776	+ 12,81
1971	401.189	27.605	5.697	434.491	+ 17,88
1972	440.275	32.307	5.776	478.358	+ 29,79
1973	454.738	37.537	5.942	498.217	+ 35,17
1974	419.517	43.048	5.898	468.463	+ 27,10
1975	476.126	48.573	6.061	530.760	+ 44
1976	476.167	51.453	6.467	534.087	+ 44,91
1877	470.166	49.901	6.690	526.757	+ 42,92
1978	490.368	59.562	5.648	555.578	+ 50,74
1979	540.830	65.511	6.997	613.338	+ 66,41
1980	531.947	71.884	8.425	612.256	+ 66,10
1981	488.720	59.722	8.266	556.708	+ 51,03
1982	522.193	59.824	9.224	591.241	+ 60,40
1983	494.338	57.201	8.656	560.195	+ 51,98
1984	490.550	51.501	9.318	551.369	+ 49,58
1985	446.556	43.136	8.608	498.300	+ 35,19
31/10/1986	415.023	35.779	7.170	457.972	-
	9.809.172	909.648	760.037	10.878.857	

Tavola 4  
COMPARAZIONE TOTALE DEL TRAFFICO COMMERCIALE RELATIVO AI CAMIONS E PULLMAN  
DAL 19.3.64 AL 31.12.1985

	Camions	variazione per anno in %	Pullman	variazione per anno in %	Totale
1964 (19.03)	4.011	—	8.468	—	12.479
1965	13.232	+ 229	7.046	- 16,79	20.278
1966	17.050	+ 28,85	6.407	- 9,07	23.457
1967	17.418	+ 2,16	6.045	- 5,65	23.463
1968	17.884	+ 4,79	5.520	- 8,68	23.404
1969	20.488	+ 14,56	5.881	+ 6,54	26.369
1970	25.021	+ 22,12	5.827	- 0,92	30.848
1971	27.605	+ 10,33	5.697	- 2,23	33.302
1972	32.307	+ 17,03	5.776	+ 1,39	38.083
1973	37.537	+ 16,19	5.942	+ 2,87	43.479
1974	43.048	+ 14,68	5.898	- 0,74	48.946
1975	48.573	+ 12,83	6.061	+ 2,76	54.634
1976	51.453	+ 5,93	6.467	+ 6,70	57.920
1977	49.901	- 3,02	6.690	+ 3,45	56.591
1978	59.562	+ 19,36	5.648	- 15,58	65.210
1979	65.511	+ 9,99	6.997	+ 23,88	72.508
1980	71.884	+ 9,73	8.425	+ 20,41	80.309
1981	59.722	- 16,92	8.266	- 1,89	67.988
1982	59.824	+ 0,17	9.224	+ 11,59	69.048
1983	57.201	- 4,39	8.656	- 6,16	65.857
1984	51.501	- 9,97	9.318	- 7,65	60.819
1985	43.136	- 16,24	8.608	- 7,62	51.744
	873.869		152.867		1.026.736

Tavola 5  
COMPARAZIONE DEL TRAFFICO PER NAZIONALITÀ DAL 1° GENNAIO AL 31 DICEMBRE 1985  
E RAFFRONTO IN % CON GLI ANNI 1984 E 1983

	1985	%	1984	1983	Diff. % par rapport à 1984	Diff. % par rapport à 1983
Italie	142.039	28,50	27,18	24,92	+ 1,32	+ 3,58
Suisse	213.612	42,87	40,91	41,25	+ 1,96	+ 1,62
Allemagne	52.219	10,48	11,79	13,08	- 1,31	- 2,60
France	42.025	8,43	9,50	9,09	- 1,07	- 0,66
Bénélux	29.011	5,82	6,84	7,64	- 1,02	- 1,32
Scandinavie	3.350	0,67	0,52	0,44	+ 0,15	+ 0,23
G. Bretagne	9.031	1,81	1,96	2,21	- 0,15	- 0,40
Autriche	643	0,13	0,12	0,12	+ 0,01	+ 0,01
Divers	6.370	1,29	1,18	1,25	+ 0,11	+ 0,04
	498.300	100	100	100		

Motivi tecnici (soprattutto di ventilazione in rapporto alla lunghezza) ed economici (il costo per unità di lunghezza di un traforo era altissimo rispetto a quello sostenuto per una viabilità esterna con gli standards dell'epoca) certamente concorsero a collocare il traforo nella posizione attuale, ad alta quota e su un tracciato in definitiva poco alternativo rispetto a quello del colle. Ma vi concorsero soprattutto, credo, la convinzione che lo scopo principale del traforo fosse quello di costituire un valico invernale più ancora che un percorso alternativo molto più breve e di facile accesso. Ad onor del vero, nessuno poteva immaginare all'epoca che l'apertura del traforo non avrebbe comportato una adeguata sistemazione delle sue vie di accesso, subito intrapresa dall'ANAS, ma ancora oggi, a più di 20 anni, ben lunghi dall'essere completata.

D'altra parte, verso gli anni 80, scelte di grande viabilità in territorio svizzero a Sud dell'asse Hannover/Frankfurt/Basel, in direzione dei nuovi trafori del San Bernardino e del Gottardo, e più recentemente del valico del Sempione, e scelte analoghe effettuate a Sud delle Alpi, hanno contribuito alla diminuzione del traffico nel nostro traforo in misura maggiore di quanto fosse lecito

aspettarsi dalla sola apertura dei nuovi trafori stessi. Nuovi collegamenti stradali in progetto, con caratteristiche migliori di quelle previste nella sistemazione della S.S. 27 e della rispettiva strada cantonale svizzera n. 21 (come la Voltri-Sempione soprattutto, ma anche il proseguimento delle autostrade italiana A5 e francese A40 verso il Monte Bianco) renderanno ancora meno competitivo un asse (E21a) di per sé valido e con buoni sbocchi oltre Aosta e Martigny (basti pensare alla direttrice Aosta-Santhià-Voltri verso la nostra penisola e alla Martigny-Berna verso il Mare del Nord). (vedi tavola n. 6).

La condizione delle vie di accesso, oltre al fatto di essere l'unico traforo con pedaggio sulle vie di comunicazione europee che attraversano la Svizzera, può dunque essere considerata la principale preoccupazione per l'andamento del nostro traffico turistico che, prescindendo dalla situazione economica generale nei paesi interessati non è sostanzialmente influenzato se non dall'interesse turistico e dalla brevità e scorrevolezza del tracciato.

Più complesso il discorso per il traffico commerciale, penalizzato, oltre che dalla quota e dalla qualità degli accessi, anche dalle ben note limitazioni di peso (28 tonn.) e di circolazione (divie-

Tavola 6

DIRETTRICI DI COLLEGAMENTO TRA IL NORD EUROPA E L'ITALIA ATTRAVERSO LA SVIZZERA



Tavola 7

## TABELLA COMPARATIVA DELLE DISTANZE CHILOMETRICHE ATTRAVERSO DIFFERENTI ITINERARI CIRCA L'UTILIZZAZIONE DELL'AUTOSTRADA DELLA GERMANIA: HANNOVER/FRAKNUFT/BASEL

Destinazioni	T. G. St.-Bernard		T. Mont-Blanc		T. S. Bernardino		T. St.-Gotthard		T. Fréjus		Col du Simplon								
	Hamburg	Frankfurt	Basel	Hamburg	Frankfurt	Basel	Hamburg	Frankfurt	Basel	Hamburg	Frankfurt	Basel	Hamburg	Frankfurt	Basel	Destinazioni			
AOSTA	1086	616	297	1265	795	498	—	—	—	—	—	—	—	—	—	AOSTA			
TORINO	1202	732	413	1381	911	614	1309	839	520	1278	808	489	1421	951	654	1401	931	612	TORINO
MILANO	1258	788	469	1437	967	670	1182	712	393	1151	681	362	1548	1078	781	1274	804	485	MILANO
GENOVA	1325	855	536	1504	1034	737	1326	856	537	1295	825	506	1586	1116	819	1418	948	629	GENOVA
ROMA	1819	1349	1030	1998	1528	1231	1748	1278	959	1717	1247	928	2080	1610	1313	1840	1370	1051	ROMA
NICE	1417	947	628	1596	1126	829	1507	1037	718	1476	1006	687	1616	1146	849	1599	1129	810	NICE

to nelle ore notturne dalle 22 alle 4) imposte sul territorio della Confederazione Svizzera il cui governo è orientato, sebbene in modo ancora meno preciso della vicina Austria, a trasferire su ferrovia la maggior parte del traffico commerciale. Non ultimo dei vincoli, l'impatto provocato dall'introduzione (nel 1984) di una tassa di circolazione sulle stesse autostrade svizzere.

Ne risulta in sostanza che le correnti di traffico commerciale dirette a Sud delle Alpi Centrali (Lombardia), pur non potendo rinunciare ai vincoli sopra esposti, scelgono però, a valle di Basilea, le direttrici verso Chiasso lungo le quali, oltre ad una strada scorrevole ed a bassa quota, non incontrano trafori a pagamento. Il traffico sulle nostre direttrici tra il Nord Europa ed il Centro e Sud dell'Italia si indirizza invece per la maggior parte verso il traforo del Monte Bianco, attraverso la Francia, potendo così evitare le penalizzazioni imposte in territorio svizzero e godere di un percorso stradale già ora più valido ed a breve termine decisamente migliore. Al Traforo del Gran San Bernardo rimane principalmente un bacino di traffico a breve raggio dal momento che, sotto l'aspetto tecnico e viario degli accessi attuali e di quelli previsti, rispetto agli altri assi concorrenziali, il tratto Aosta-Martigny rischia di costituire un tappo proprio laddove l'apertura di un traforo faceva ipotizzare 20 anni fa la realizzazione di un collegamento con caratteristiche internazionali di grande viabilità.

In queste condizioni, diventa rischioso avanzare delle previsioni sul futuro andamento del traffico, che potrà essere più o meno bruscamente influenzato dal completamento delle diverse opere in progetto sugli assi Nord-Sud attraverso le Alpi, in relazione ai tempi di sistemazione della S.S. 27 e di costruzione della tangenziale Nord di Aosta (e degli interventi analoghi sul versante sviz-

zero). Mi limiterò pertanto ad alcune considerazioni di massima sulla base di quanto sin qui esposto.

Dal punto di vista del traffico commerciale, sebbene gravato da tutti gli inconvenienti sopra esposti e soprattutto in prospettiva dell'orientamento della Confederazione Svizzera al riguardo, ritengo che il nostro Traforo possa costituire anche in futuro valida alternativa ai percorsi paralleli nei periodi di punta, oltre che «itinerario diretto e vantaggioso» per un traffico a medio e breve raggio, considerato anche il non trascurabile vantaggio offerto dalla possibilità di sdoganamento in loco, con concreto risparmio di tempo.

Dal punto di vista del traffico turistico, vera vocazione del traforo, oltre alla funzione di compensazione comune al traffico commerciale, credo che l'asse Basilea-Genova attraverso il Gran San Bernardo rappresenti ancora a tutt'oggi un tracciato concorrenziale alle altre vie internazionali (vedi tavola n. 7).

Non ci rimane pertanto che augurarci, anche confidando nelle sensibilità dell'Amministrazione Regionale, nostro nuovo Azionista di maggioranza, che gli accessi al nostro traforo possano in tempi brevi essere adeguatamente sistematati e ben raccordati alle reti autostradali dei Paesi confinanti. In tal modo, oltre che migliorare la sua funzione di «porta» tra la Valle d'Aosta ed il Vallese, recupererebbe certamente quella di asse per itinerari a lungo raggio, ritornando nel tempo ad un volume di traffico corrispondente a quei 600.000 passaggi annui che potrebbero oggi costituire, secondo un'analisi di provenienza e destinazione dell'attuale traffico attraverso le Alpi Occidentali e dei tempi di percorrenza media sui diversi tracciati prescelti, un volume proporzionato alla collocazione del nostro traforo e rispondente alle aspettative dei suoi ideatori e dei suoi azionisti.

# Recenti esperienze nella gestione del Traforo del Monte Bianco

Franco CUAZ (\*)

Il Traforo del Fréjus di cui ha parlato il geometra Desiderio è un tunnel giovane. Ha quindici anni di meno di quello del Monte Bianco e sono tanti. Questa differenza di età rende, almeno in parte, differenti i problemi da risolvere. Al Monte Bianco occorre difendere le strutture dalle offese del tempo ed ammodernare gli impianti adeguandoli alle crescenti sollecitazioni del traffico. Nel novembre del 1982, al Convegno di Novara, abbiamo illustrato quanto le Società Concessionarie hanno fatto per potenziare illuminazione e ventilazione e per migliorare i dispositivi di sicurezza. Avevamo inoltre accennato ai difficili problemi di pulizia di piedritti e marciapiedi ed all'impianto meccanizzato di pedaggio allora in via di installazione.

Facciamo ora il punto sulle più recenti esperienze ricordando quanto si è realizzato nei quattro anni così velocemente trascorsi dall'incontro di Novara a quello di oggi.

Nel 1977, il livello di illuminazione in sezione corrente è stato raddoppiato rispetto a quello iniziale passando da 55 a 130 lux. Questo risultato si è ottenuto sostituendo metà dei corpi illuminanti a lampade fluorescenti di 40 watt con altri a lampade a vapori di sodio a bassa pressione di 55 watt ed alternando, sulle due file laterali, le lampade dell'uno e dell'altro tipo. Nulla era stato fatto per la sezione iniziale, quella in cui l'utente venendo dall'esterno adatta gradualmente la sua capacità visiva alle nuove condizioni. In questa zona è installata l'illuminazione detta di rinforzo che ha il compito di raccordo fra l'illuminazione esterna e quella in sezione corrente. Al Monte Bianco, gli utenti entrano in galleria dal piazzale italiano percorrendo una curva e lasciando la stazione di pedaggio situata a cento metri dall'imbocco. Il rischio del «colpo di buio» è quindi inferiore a quello di un tunnel in cui le vetture entrano a velocità sostenuta. Tuttavia, d'inverno, quando la luce del sole si riflette sulla neve, la luminanza esterna raggiunge livelli molto alti. La sezione iniziale della galleria è d'altra parte quella in cui umidità e sporcizia si depositano in maggiori quantità e, per il ridotto spessore di terra e di roccia sovrastanti, le infiltrazioni d'acqua, nei periodi di forte pioggia e quando fonde la neve, sono abbondanti. Si è mi-

gliorata l'illuminazione di questo tratto sostituendo nei primi 250 m l'impianto in servizio dall'apertura al traffico con una installazione rispondente ai più moderni criteri. I lavori sono stati ultimati alcuni giorni fa. La selva di apparecchi dell'illuminazione di rinforzo disposti longitudinalmente su più file e che tra l'altro impedivano i lavori di drenaggio in volta è stata eliminata. I 576 apparecchi con lampade fluorescenti di 40 watt sono stati sostituiti da 122 apparecchi con lampade al iodio ad alta pressione di 95, 150, 250 e 400 watt. I nuovi apparecchi sono stati installati sui due longheroni laterali che servono da supporto ai corpi illuminanti di tutta la galleria. Il sistema di illuminazione adottato è quello asimmetrico, a flusso contrario al senso del traffico in entrata, con un angolo di incidenza dei raggi luminosi del 55% rispetto alla verticale. Da 800 lux sulla sede stradale si è passati ora a 1.600. La luminanza interna si adatta automaticamente ai valori richiesti dalla luminanza esterna in modo che l'utente non abbia l'impressione di entrare in un ambiente buio o troppo illuminato. La regolazione è a dodici stadi. Un sensore misura in continuità i valori della luminanza esterna e li trasmette ad un microprocessore che, ogni sette minuti, ne effettua l'integrazione. Contemporaneamente un secondo sensore rileva i valori della luminanza interna e li trasmette al microprocessore che ne esegue l'integrazione. Quando lo scarto fra la luminanza interna e quella richiesta dalle condizioni esterne supera un certo limite, l'illuminazione si sposta da uno stadio all'altro portandosi sui valori prescritti.

L'impianto di ventilazione consente all'apertura al traffico l'immissione in galleria, al massimo regime, di  $600 \text{ m}^3/\text{sec}$ . e l'aspirazione di  $300 \text{ m}^3/\text{sec}$  lasciando agli altri  $300 \text{ m}^3$  libero sfogo attraverso i due imbocchi. Il sistema era, per così dire, semi semi-trasversale. Il traffico commerciale, d'imprevista entità ed in costante aumento, portava a valori via via crescenti dell'opacità. Per migliorare la sicurezza ed il livello di servizio e per disporre di un ulteriore margine in previsione di futuri aumenti dei transiti di camion, le Società Concessionarie decidevano nel 1977 di modificare l'impianto. Disponevano di un'esperienza di dodici anni e di un'ampia serie di dati raccolti con speciali apparecchiature fra il 1975 ed il 1977. Con i lavori già descritti nel 1982 a Novara si dava ai tre ventilatori dell'aria viziata di ogni centrale la possibilità di funzionare in mandata. Dal 1980 il

(\*) Ingegnere, Direttore di esercizio della Società Traforo del Monte Bianco.

volume di aria pura, a massimo regime, passava così da 600 a 900 m<sup>3</sup>/sec. Tutta l'aria viziata esce dagli imbocchi. Il sistema è quindi oggi il semi-trasversale classico. I risultati sono più che soddisfacenti sia dal punto di vista del controllo delle condizioni dell'atmosfera che dal punto di vista dell'economia di esercizio. Il Traforo dispone di un impianto che gli assicura un buon margine di manovra anche in prospettiva dei futuri aumenti di traffico. Particolamente interessanti sono i risultati ottenuti per il traffico turistico, a riprova anche della diminuzione dell'emissione di CO da parte dei motori a benzina. Il 16 agosto di quest'anno, fra le 18 e le 19, sono transitate in galleria 800 vetture. La media dei tassi di ossido di carbonio misurati dai nove analizzatori è stata di 75 p.p.m. Il limite massimo ammesso è di 150 p.p.m. Il valore di punta, registrato all'analizzatore n. 5 situato a metà galleria, ha raggiunto i 130 p.p.m. Il limite massimo è di 200 p.p.m. Nel corso dell'ora, i sette ventilatori italiani hanno funzionato a regime 1/2 e, dei francesi, quattro a 1/2 e tre a 3/4. I tenori di ossido di carbonio sono stati quindi mantenuti ben al di sotto dei valori massimi consentiti immettendo in galleria soltanto 487 m<sup>3</sup>/sec sui 900 disponibili ossia un volume d'aria pari al 54% del massimo che l'impianto può fornire. Da vent'anni i ventilatori dell'aria pura funzionano mediamente venti ore al giorno. Nessun inconveniente si è verificato per le giranti. Non altrettanto si può dire per i motori, ed in particolare per giunti e riduttori soggetti ad inevitabili fenomeni d'usura. Al Monte Bianco, ogni ventilatore dispone di due motori, di diversa potenza, ed ogni motore può girare a due velocità. Ogni ventilatore è quindi in grado di fornire quattro regimi di portata indicati con 1/4, 1/2, 3/4 e 4/4. In altre parole, la portata può assumere unicamente quattro valori fissi ed il diagramma di portata è a gradini. Nel 1985, i due motori del ventilatore n. 1 sono stati sostituiti da un motore unico alimentato da un inverter in grado di variare linearmente la frequenza e di conseguenza anche la velocità del motore. Anche la portata del ventilatore varia quindi linearmente. Il nuovo motore, attualmente in fase di messa a punto, è a presa diretta. Si eliminano in tal modo i giunti ed i riduttori che sono appunto le parti soggette ad usura. È prevista negli anni prossimi la graduale sostituzione degli altri tre ventilatori e di quello di riserva. Da un sistema che permette di variare la portata a gradini si passerà così ad un sistema che ne consentirà la variazione lineare dal valore 0 a quello massimo. I vantaggi sono evidenti. Il volume d'aria pura immessa in galleria sarà molto più aderente a quello realmente richiesto dai tenori di ossido di carbonio e di opacità.

Delle difficoltà di pulizia di pareti e marciapiedi abbiamo detto nel 1982 a Novara. La fre-

quenza degli interventi è aumentata ma il calcestruzzo messo in opera tanti anni fa è ormai ricoperto ed impregnato di quella tenace sporcizia inevitabile in un tunnel in cui i mezzi pesanti soprattutto portano dall'esterno terra, sabbia, sale e lasciano all'interno olio, nafta, grassi e prodotti di combustione. Il fenomeno è particolarmente evidente nella sezione iniziale. Per questo motivo, la Società italiana ha deciso di rivestire le pareti dei primi 500 m. I risultati delle prove eseguite in galleria negli ultimi anni su vari materiali hanno consigliato la scelta di lastre di «Eternit» ricoperte su una facciata da uno smalto minerale. I lavori avranno inizio prossimamente. Le lastre di GLASAL — questo è il nome del prodotto — hanno uno spessore di 4 mm, un'altezza di 3,05 m ed un larghezza di 1,22 m. Esse sono costruite appositamente per le gallerie stradali. Facilmente lavabili, incombustibili, non soggette a corrosione, hanno color chiaro. Il conseguente aumento del coefficiente di riflessione delle pareti migliorerà le condizioni di visibilità in galleria. Altro problema di non facile soluzione è quello della segnalazione del bordo dei marciapiedi. La striscia di vernice gialla sullo smusso si sporca ancor più delle pareti. A titolo sperimentale verranno prossimamente applicate lastre rettangolari di altezza 12 cm e di color giallo dello stesso GLASAL previsto per il rivestimento dei piedritti.

È in corso, nella metà italiana di galleria, una campagna di controllo delle condizioni del calcestruzzo del rivestimento. Ne permette una diagnosi completa con l'impiego di speciali apparecchiature del tipo «georadar». Ci dirà se sono necessari interventi di risanamento oltre a quelli di ordinaria manutenzione. È effettuata dalla SPEA di Milano.

Fra gli altri lavori ricordiamo il rifacimento, dopo diciott'anni di esercizio, della pavimentazione bituminosa della metà italiana di galleria, con scarificazione su uno spessore di tre centimetri e stesa di un manto di quattro centimetri. Un cantiere di questo genere in un tunnel bidirezionale ed in presenza di traffico comporta non poche difficoltà. I lavori sono stati portati a termine in soli ventidue giorni, dal 30 maggio al 21 giugno 1983. Quest'anno, ad ottobre, è stata rifatta la pavimentazione del piazzale e del tratto di strada di accesso in concessione alla Società, per una superficie totale di 34.000 m<sup>2</sup>.

Sempre ad ottobre, sono stati ultimati i lavori di inerbimento e di rimboschimento della scarpata del piazzale italiano, con la stesa di semina «nero-verde» e la messa a dimora di 2.500 piantine che si aggiungono alle centinaia già sistamate negli anni scorsi.

L'impianto meccanizzato di pedaggio ha risposto alle aspettative. Il sistema è in funzione dal maggio 1983. È costituito, per ogni stazione, da microelaboratori di pista connessi in tempo reale

con un elaboratore centrale. I microelaboratori di pista gestiscono le procedure relative all'esazione (classificazione in base a passo e numero di assi, lettura dei titoli a stampa magnetica, informazione dell'utente a mezzo di visualizzatore esterno) e guidano l'esattore nelle varie fasi del suo lavoro (impostazione della nazionalità, della classe, della forma di transazione, della valuta e chiusura della singola operazione).

L'unità logica centrale permette il controllo continuo e preciso di tutte le operazioni effettuate in cabina verificando la rispondenza fra la classificazione dell'esattore e quella del microelaboratore di pista. L'unità logica facilita il trattamento dei transiti delle ditte in abbonamento consentendo l'emissione in tempi brevi delle relative fatture. Elabora inoltre una serie di statistiche sul traffico (per grande categoria, classe, nazionalità, forma di transazione...) e sugli incassi. Gli elaboratori dei due piazzali sono collegati fra loro. Gli uffici di ogni piazzale dispongono così della totalità dei dati amministrativi e statistici. L'impianto è ora anche in grado di accettare le carte di credito ed elaborare gli elementi relativi al loro addebito, con immediato controllo della solvibilità dell'utente.

Abbiamo così ricordato le realizzazioni più importanti degli ultimi quattro anni.

Il traffico è in aumento. Nei primi dieci mesi di quest'anno sono transitati nel Traforo del Monte Bianco 843.638 veicoli di turismo. L'incremento rispetto allo stesso periodo del 1985 è di 22.390 passaggi, pari al 2,73%. E nei dieci mesi sono transitati 409.498 camion, con un incremento di 27.498 passaggi, pari a 7,20%, rispetto all'anno scorso.

Dall'apertura hanno attraversato la galleria 16.201.000 veicoli di turismo e 6.581.000 camion, per un totale di 22.782.000 veicoli paganti.

L'andamento del traffico commerciale dal 1965 ad oggi merita un cenno particolare. I camion so-

no stati ammessi in galleria il 20 ottobre 1965, tre mesi ed un giorno dopo il passaggio della prima autovettura. Nel primo anno, dal 20 ottobre 1965 al 19 ottobre 1966, sono transitati 35.858 camion. Negli anni successivi, la progressione è stata spettacolare, in media del 21% all'anno. Nel corso del quindicesimo anno, dal 20 ottobre 1979 al 19 ottobre 1980, si sono registrati 544.721 passaggi. Nel 1980 è stato aperto il Traforo del Fréjus e si è verificato, come previsto e nella misura del previsto, un calo del traffico commerciale. Nei tre anni seguenti, il numero dei camion è diminuito fino ad un minimo di 433.490 unità, fra il 20 ottobre 1982 ed il 19 ottobre 1983. Poi, si è verificata una ripresa e, nell'ultimo anno, dal 20 ottobre 1985 al 19 ottobre 1986, i passaggi di camion sono stati 480.497.

Il collegamento autostradale in via di ultimazione con la Parigi-Lione-Marsiglia e quello con il terminale di Aosta dell'autostrada A5 porteranno ad un ulteriore aumento dei transiti turistici e commerciali. Questo traffico troverà strutture ed impianti in grado di accoglierlo e di garantirne la sicurezza.

Altri lavori si renderanno certamente necessari perché il Tunnel non invecchi e perché continui a tener fede alla sua vocazione di strada di prima importanza nei traffici attraverso le Alpi. I successi e le realizzazioni di vent'anni di esercizio si devono alla comunità di intenti fra amministratori e tecnici dei due paesi ed alla loro collaborazione. La stessa comunità di intenti, la stessa collaborazione, la stessa attenta cura assisteranno il Traforo negli anni a venire. Questo è il modo migliore per ricordare l'entusiasmo, le lotte, le speranze dei fautori dell'opera e per onorare il lavoro, la tenacia ed i sacrifici di coloro che hanno costruito questa galleria nel cuore della roccia, sotto i ghiacciai e le cime della catena del Monte Bianco.



*La Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino accoglie nella « Rassegna Tecnica », in relazione ai suoi fini culturali istituzionali, articoli di Soci ed anche non Soci, invitati. La pubblicazione, implica e sollecita l'apertura di una discussione, per iscritto o in apposite riunioni di Società. Le opinioni ed i giudizi impegnano esclusivamente gli Autori e non la Società.*

Direttore responsabile: **ROBERTO GABETTI**

Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

Spedizione in abbonamento postale GR. III/70 - Mensile

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - CORSO SIRACUSA, 37 - TORINO

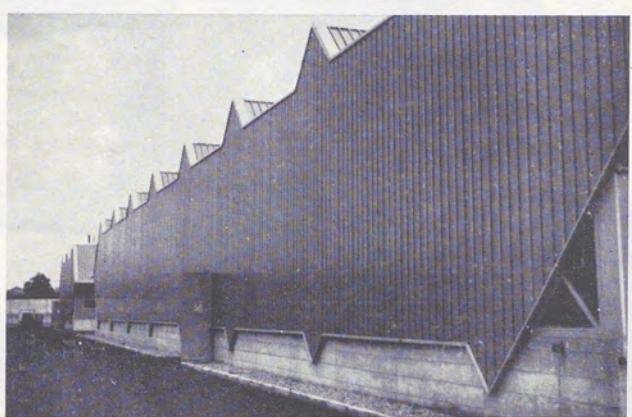
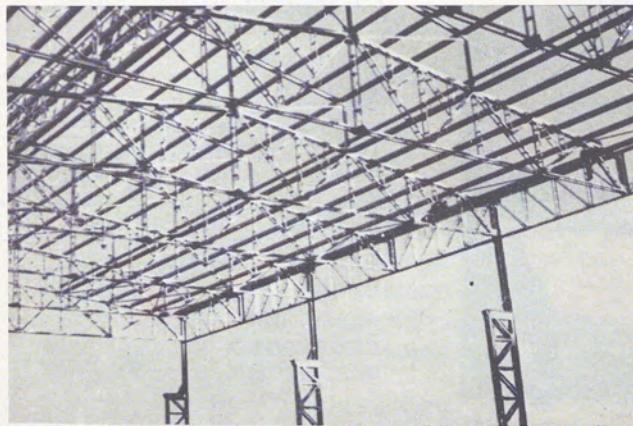


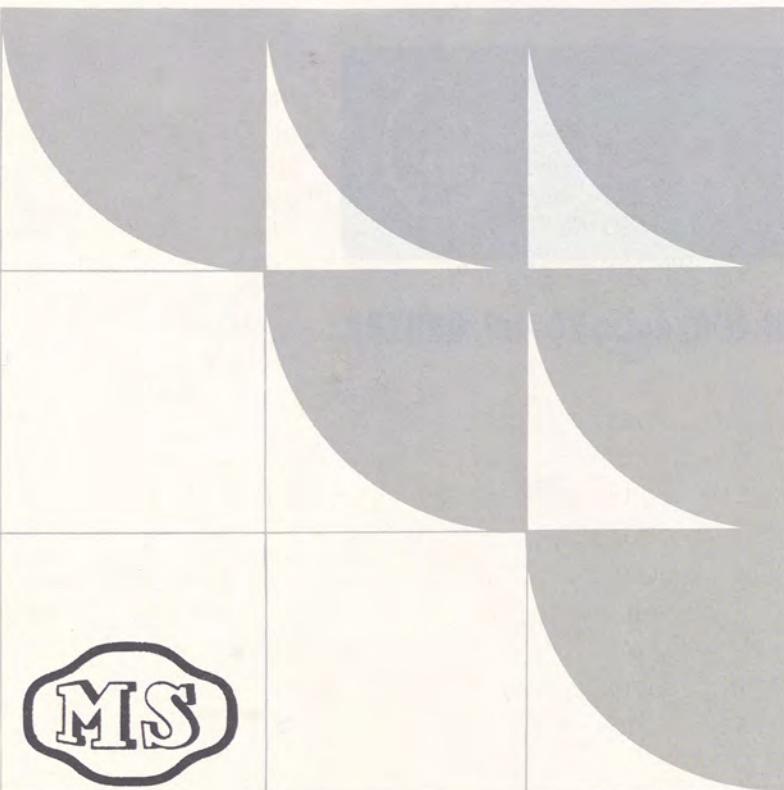
# ORTECO

Torino - c. M. D'Azeglio 78 - tel. 688792

**EDIFICI**  
CIVILI - INDUSTRIALI - AGRICOLI

**SCALE DI SICUREZZA**





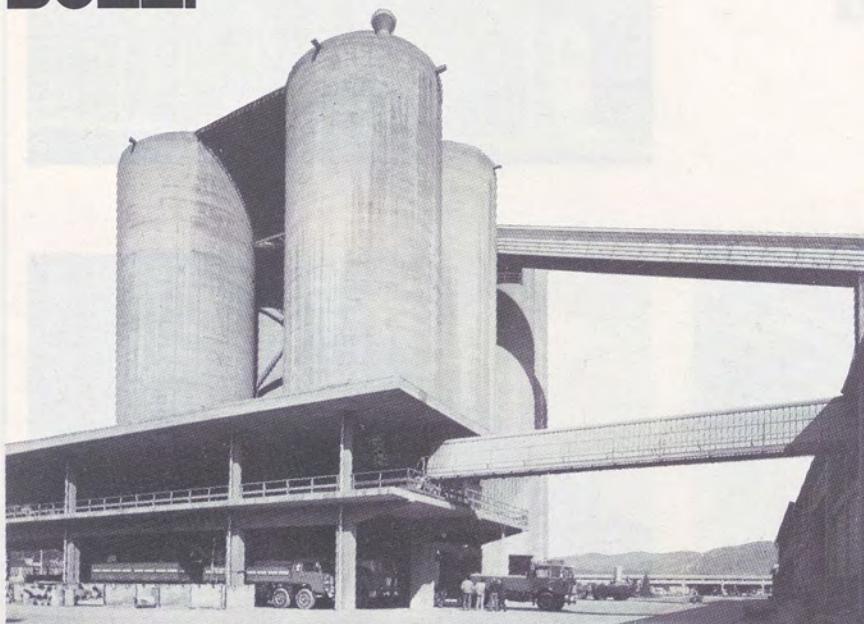
TESSUTI • TENDAGGI  
MOQUETTES • VELLUTI  
• TAPPETI •  
PAVIMENTI RESILIENTI  
RIVESTIMENTI MURALI

**MARIO SEZZANO s.p.A.**

TORINO - Corso G. Matteotti, 19 - Tel. 518.537-545.038  
MILANO - Corso Sempione, 52 - Tel. 3311.241-341.959



GRUPPO  
**BUZZI**



*Fratelli Buzzi SpA*  
FABBRICA CALCE e CEMENTI DI CASALE

15033 Casale Monferrato  
39, Corso Giovane Italia  
0142.79043-75651  
Telex 210446 BUZZI I

SOCIETÀ CONTROLLATE



**CEMENTI  
BUZZI**



**CEMENTI ALTA ITALIA**



**CALCESTRUZZI GENOVA**

SOCIETÀ A PARTECIPAZIONE

CONCRETE MILANO - Milano  
BARGERON - Casale  
ALAMO CEMENT Co - U.S.A.  
CEMENTOS PORTLAND  
MOCTEZUMA - MEXICO

# INTRODUZIONE ALLO STUDIO DELLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA

Quest'opera si colloca nella continuità della tradizione dei Trattati e dei Manuali di urbanistica, pur con notevoli differenze per l'aggiornamento estensivo delle discipline dell'urbanistica e della pianificazione. Con l'**Introduzione allo studio della pianificazione urbanistica**, la Utet ha voluto fornire uno **strumento unico ed insostituibile** a tutti coloro, che nei diversi ruoli, si occupano di pianificazione urbanistica. I professionisti, gli amministratori locali, i tecnici delle varie amministrazioni dello stato, gli studenti, potranno trovare una risposta ai loro molteplici problemi, avendo come riferimento un'opera redatta secondo l'impegno ed il rigore scientifico che hanno sempre contraddistinto la Utet.

A cura di  
**Mario Coppa** e di:  
 Giovanna Alvisi  
 Giancarlo Avena  
 Mario Badaloni  
 Sandro Bruschi  
 Lucio Carbonara  
 Francesco P. Cerase  
 Alberto Clementi  
 Paola E. Falini  
 Claudio Gori Giorgi  
 Giorgio Gugliormella  
 Elena Mortola  
 Marinella Ottolenghi  
 Giulio G. Rizzo



Struttura dell'opera: 2 volumi pag. XXXII-748

**Presentazione**, di Mario COPPA. **La rinascita della città, orientamenti per l'urbanistica italiana**, di Giovanni ASTENGO.

**Parte prima:** Lineamenti generali e stratificazione dei problemi urbanistici.

**Parte seconda:** Le modificazioni ambientali.

**Parte terza:** I rapporti sociali e statistico-demografici.  
Il patrimonio edilizio nella fruizione urbana.

**Parte quarta:** Gli aspetti economici nel territorio e nello sviluppo urbano. I modelli matematici.

**Parte quinta:** La Pianificazione Urbanistica.  
Fonti, strumenti, modelli.

**Parte sesta:** I rapporti di relazione tecnologica:  
le infrastrutture e i servizi a rete.

**Parte settima:** Gli aspetti dei problemi legislativi.

**Parte ottava:** La riduzione degli errori.

**Parte nona:** Il processo di sintesi e le prospettive disciplinari.





TURCHIA - DIGA DI KARAKAYA - ITALTRADE RECCHI

**RECCHI**  
S.P.A.  
**COSTRUZIONI GENERALI**

**COSTRUZIONI EDILI STRADALI IDROELETTRICHE FERROVIARIE  
OPERE MARITTIME**

**TORINO VIA MONTEVECCHIO 28**