

**SITEBSi srl**

# Rassegna del bitume

**RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE**

ESTRATTO DAL N° **34/00**

**La gestione informatica dei dati sperimentali  
a servizio della qualità dei conglomerati bituminosi**

**The experimental data processing management  
for the quality control of bituminous mixtures**

*Giampaolo Rossi*

*Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento ITS*

# La gestione informatica dei dati sperimentali a servizio della qualità dei conglomerati bituminosi

## The experimental data processing management for the quality control of bituminous mixtures

GIAMPAOLO ROSSI

Dipartimento ITS, Università di Roma "La Sapienza"

### Riassunto

*La raccolta e l'analisi di dati sperimentali relativi a lavori in corrispondenza di un'opera di notevole interesse nella rete autostradale nazionale, ha costituito il necessario supporto per la predisposizione di un software specializzato, che si presta alle valutazioni più ampie delle caratteristiche di conformità dei materiali posti in opera.*

*Sono possibili indagini statistiche sul lungo periodo o su basi temporali con ampiezza fissata dall'utente, consentendo, con estrema interattività, una analisi dei dati estremamente articolata e funzionale alle esigenze specifiche della Direzione Lavori.*

*Il modello può trovare una immediata applicazione anche nella gestione dei dati sperimentali dei materiali messi in opera nell'ambito di reti viarie urbane, consentendo approfondimenti nella conoscenza delle materie prime e nel prodotto finito posto in opera.*

### Summary

*A software has been processed for a testing evaluation of the performance and conformity of the materials worked.*

*During some important works on the national highway network, experimental data and analysis have been collected on the long period.*

*It is possible to have:*

- *statistical investigations on the long period*
- *statistical investigations on temporal basis with a range fixed by the user*
- *a data analysis widely functional.*

*For the urban roads network management, too, there is no problem if automated management is used for the informations about the provision of aggregates and bitumens, about the production of bituminous mixture and about the end products firms.*

### 1. Premessa

La gestione e l'interpretazione dei dati sperimentali nel controllo dei processi produttivi si è presentata come un'operazione onerosa fino a quando è stato necessario esaminare informazioni disponibili solo su documenti cartacei.

All'attualità, in relazione alle potenzialità degli strumenti che sono a disposizione del tecnico, è molto facile memorizzare le informazioni su supporti magnetici e rileggerle attraverso software di tipo generalista.

E' lecito quindi attendersi che, nell'ambito dei piani di manutenzione e di sviluppo infrastrutturale, il controllo a livello informatico delle caratteristiche dei materiali messi in opera sulle reti viarie di Enti ed Amministrazioni, diventi sempre più diffuso.

In ogni rete l'appropriato impiego delle verifiche di tipo sperimentale che le Direzioni dei lavori (D.L.) richiedono alle Imprese, in termini di prove di caratterizzazione dei materiali, può consentire la costruzione di banche dati di notevole interesse.

Pur a fronte di indiscutibili livelli di efficienza, i sistemi di analisi disponibili sul mercato, non sono specifici e non sempre presentano caratteristiche di immediatezza nella indispensabile fase di apprendimento da parte di chi li utilizza.

Si è così pensato di verificare la possibilità di predisporre un criterio di gestione delle informazioni, in grado di offrire una chiave di lettura dei dati sperimentali estremamente flessibile, interattiva e prossima alle esigenze interpretative di una D.L..

L'obiettivo era quello di proporre analisi di dati, e loro trasposizioni grafiche, con una immediatezza di approccio analoga a quella che, in un progetto stradale, presenta, ad esempio, la planimetria di un tracciato.

Il Laboratorio materiali stradali della Facoltà di Ingegneria di Roma dispone di una banca dati sufficientemente articolata, con numerose informazioni di



carattere sperimentale relative ad importanti lavori in ambito autostradale.

Nel corso degli anni 1993-1994, in particolare, l'archivio del Laboratorio si è arricchito in relazione ad una lunga campagna di campionamenti sull'Autostrada Milano-Napoli (tratto Ceprano-Caianello) ed ai dati sperimentali relativi a carotaggi sui conglomerati bituminosi che ivi erano stati messi in opera durante i lavori di allargamento a tre corsie.

Questi lavori erano stati eseguiti a cura di 11 imprese che, sotto la guida di un'unica D.L., avevano operato su altrettanti lotti di tale tratta autostradale.

Altri dati sperimentali, caratterizzati da una maggior omogeneità, perché relativi ai materiali prodotti presso un impianto di confezione di conglomerati, sono stati cortesemente messi a disposizione da una di queste imprese.

Le informazioni, armonicamente organizzate, sono servite come dati di prova per la calibrazione di un complesso di programmi che, pur a posteriori, ha consentito un monitoraggio estremamente efficace degli strati legati a bitume messi in opera in corrispondenza di quel lotto.

Se fosse stato già operativo al tempo dei lavori in oggetto, la facile estensione del modello alle informazioni relative ai 10 lotti residui, avrebbe consentito alla D.L. un controllo estremamente più agevole delle caratteristiche dei materiali e di altri aspetti legati alle attività di cantiere.

I lavori, infatti, sono stati eseguiti in simultanea dalle 11 imprese ed hanno interessato complessivamente 100 km di autostrada (tre corsie di marcia ed una di emergenza) su carreggiate separate ed in presenza di traffico.

Un criterio gestionale analogo potrebbe trovare una immediata estrapolazione anche alla realtà manutentoria delle rete di infrastrutture di Roma.

Con riferimento specifico alla rete ed alle realtà imprenditoriali locali, infatti, la massa delle informazioni sulle caratteristiche tecnologiche dei materiali inerti, dei leganti e dei conglomerati bituminosi posti in opera nell'area urbana, sono sostanzialmente riconducibili a:

- 10 impianti di produzione degli aggregati;
- 5 distributori di leganti idrocarburi;
- 20 impianti di produzione di conglomerati

bituminosi;

- 20 D.L. (Circoscrizioni e Dipartimenti della Ripartizione LL. PP.).

L'analisi di dati sperimentali in campo urbano, pertanto, non presenta grandi scostamenti rispetto al caso autostradale preso in considerazione.

## 2. Obiettivi del progetto

Come è stato anticipato, le informazioni impiegate per la messa a punto del software sono relative a lavori condotti su una infrastruttura aperta al traffico, lavori che hanno presentato, conseguentemente, caratteristiche di notevole discontinuità.

Sia per limitare il condizionamento dell'utenza, sia per motivi operativi, la messa in opera di ciascuno strato della sovrastruttura all'interno di ciascun lotto è stata effettuata per tratte parziali, a macchie di leopardo.

La banca dati è stata costituita a lavori ultimati, attraverso una procedura di input di informazioni cronologicamente ordinate e consistenti in dati sperimentali relativi a prove di caratterizzazione com-

missionate dalla D.L. ad un laboratorio di appoggio. In modo assolutamente analogo tale procedura avrebbe potuto essere gestita "ori time", in corso d'opera, memorizzando i dati all'atto della trasmissione alla D.L. di ogni singola relazione sperimentale.

In entrambi i casi una routine automatica di auto-diagnosi consente, dopo ogni aggiornamento, di effettuare verifiche atte a segnalare lacune dovute a trascrizione dei dati incompleta, a valori aberranti in ciascun campo numerico, ad eventuali posposizioni cronologiche, ecc.

Nello strutturare la banca dati si è cercato di rispondere ai seguenti requisiti:

- semplicità ed intuitività della fase di input, per consentire di impiegare operatori non necessariamente esperti in tecnica informatica;
- completezza a livello di informazioni contenute in ciascun "pacchetto di dati" o record.

L'obiettivo, in ogni modo, era quello di garantirsi gli strumenti necessari per poter effettuare, in un qualunque momento e con risposte in tempo reale, la scansione completa dei dati sperimentali d'archivio articolati:





- per strato della sovrastruttura;
- per tipo di prova;
- per fasi operative (giornaliere o su base temporale prefissata);

ponendo a confronto, quando possibile, i risultati di sperimentazioni correlate o per le quali poteva esistere una "attesa" sperimentale di interrelazione.

Tale analisi, inoltre, doveva consentire di produrre elaborati grafici con il massimo livello di dettaglio, oppure di sintesi, relativamente a tutte le attività sperimentali effettuate.

L'analisi individuale di un record doveva permettere la verifica della rispondenza alle specifiche di capitolato dei materiali posti in opera nell'ambito della realizzazione di una specifica lavorazione.

Su scala più ampia, di contro, il complesso di questi dati doveva poter essere esaminato per consentire:

- l'analisi dello spettro dei singoli parametri sperimentali;
- l'analisi comparata degli stessi;
- la valutazione globale delle caratteristiche distributive dei parametri esaminati.

### 3. Strutturazione dell'archivio dati

Facendo riferimento all'intera serie di prove di controllo sulle miscele legate a bitume contemplato dalle Norme Tecniche Autostrade 1984, l'archivio è stato strutturato come un insieme di gruppi di informazioni che dovevano rispettare uno standard di omogeneità strutturale.

3.1. Nel caso di prelievi effettuati all'atto della stesa, ad esempio, ciascun record del file dati (tipo A) è organizzato in campi alfanumerici (entro i quali allocare informazioni quali tipologia del campione, data ed ubicazione del singolo prelievo, ecc.) e numerici (contenenti i dati relativi alle sperimentazioni effettuate).

Ciascun campo numerico può contenere valori numerici diversi da zero (prova eseguita) o nulli (prova non eseguita).

In relazione ai notevoli sfalsamenti in tempo nella esecuzione dei lavori ed allo scopo di verificare se la presenza di eventuali tendenze, o di valori atipici nelle distribuzioni parametriche sul lungo periodo,

fossero riconducibili a particolari condizioni al contorno (come ad esempio a lavorazioni in periodi freddi), oppure a variazioni delle caratteristiche delle miscele, si è ritenuto opportuno contemplare la possibilità di graficizzare in forma sintetica la distribuzione di tutti i valori sperimentali su basi cronologiche definite dall'utente.

3.2. Per quanto attiene ai carotaggi, effettuati a valle delle operazioni di stesa e costipamento dei materiali, le prove sperimentali di controllo si presentano differenziate, ma sono comunque interfacciate con quelle dei conglomerati prelevati all'atto della stesa. I dati relativi sono memorizzati su un secondo file (tipo B), caratterizzato da record strutturati in modo poco diverso da quanto sopra descritto.

- Il software predisposto per l'analisi dei dati di questo file consente di visualizzare:
- l'ubicazione dei prelievi (con la possibilità, quindi, di valutare la copertura sperimentale ed individuare eventuali zone scoperte);
- il grado di addensamento (raffronto tra addensamenti in sito ed addensamenti Marshall giornalieri).

In ogni caso, attraverso una scansione numerica mirata, è possibile la completa rilettura dell'archivio finalizzata ad individuare, con il massimo dettaglio, il record contenente un dato numerico giudicato aberrante o sospetto.

#### 4. Il controllo di qualità attraverso la gestione informatica dei dati d'archivio

Nei punti che seguono viene fatto riferimento ad uno degli strati legati a bitume e quindi ad una sezione specifica della base di dati.

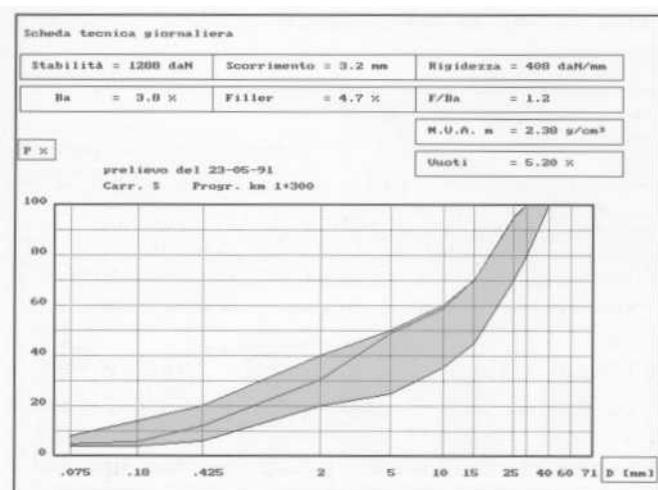


Fig. 1 - Scheda tecnica giornaliera.

Nel riesame dell'archivio il passo più elementare consiste nella possibilità di visualizzare una scheda di sintesi sperimentale (contenuto di un singolo record), che contiene quanto certificato dal laboratorio in relazione ad un campionamento individuale (fig. 1).

E' prevista inoltre la possibilità di visualizzare la distribuzione di tutti gli assortimenti granulometrici memorizzati in archivio.

Nel caso in essere, a fronte di un sostanziale inserimento nel fuso di accettazione (fig. 2), si nota che

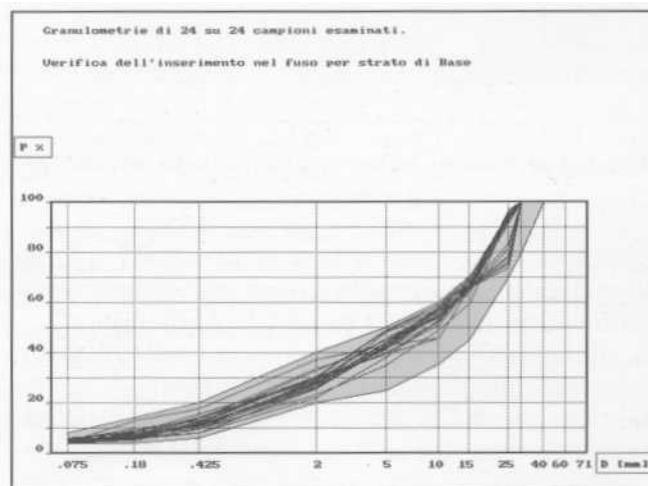


Fig. 2 - Fuso di accettazione.

sono individuabili due famiglie di curve, quelle che presentano un passante al 25 mm inferiore all'85% e quelle per le quali detto passante è sistematicamente superiore al 90%.

Potrebbe essere interessante valutare se detta evenienza sia casuale, o sintomatica di una qualche

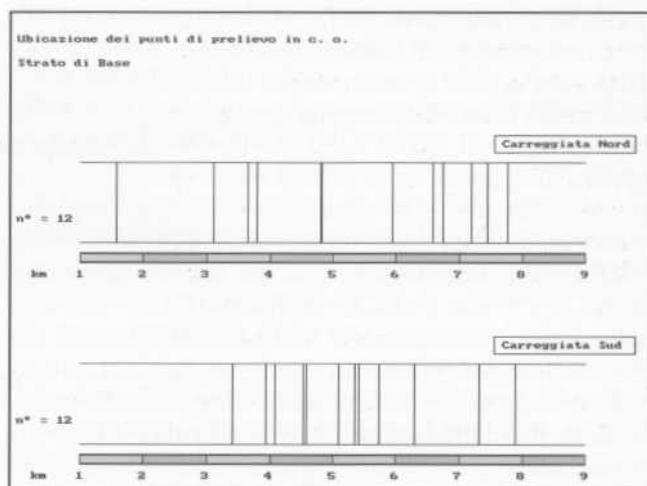


Fig. 3 - Ubicazione dei punti di campionamento.

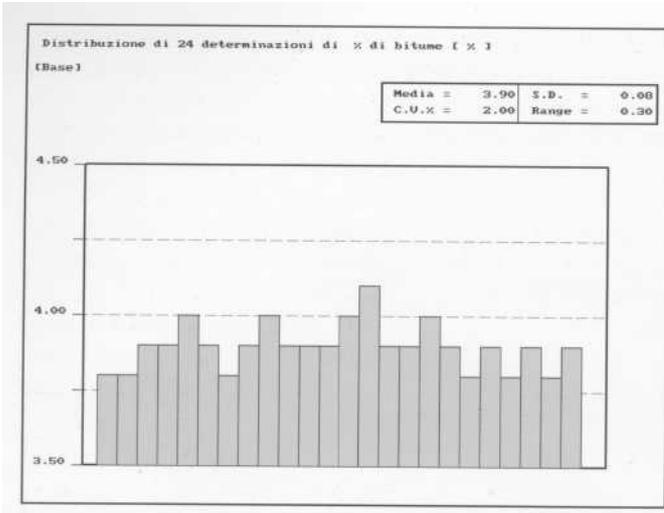


Fig. 4 - Distribuzione del tenore di legante nelle miscele bituminose

variazione nella composizione della miscela di inerti ed in questo caso potrebbe essere utile individuare a partire da quale data si è presentato il fenomeno.

In alternativa, effettuando una scansione dei dati e ponendo come "elemento discriminante" l'individuazione di tutte le circostanze in cui detto passante è risultato superiore al 90%, si potrebbe rilevare nell'intorno di quali progressive è stato messo in opera un prodotto così caratterizzato.

L'esame dei campi alfanumerici può consentire di disporre di una mappa che fornisce l'ubicazione dei punti di campionamento (fig. 3).

Per quanto concerne l'esame sul lungo periodo delle serie ordinate cronologicamente di dati sperimentali omologhi, viene illustrata in fig. 4 la distribuzione del tenore di legante nelle miscele bituminose.

Accanto alla rappresentazione grafica, sotto forma di istogrammi, vengono valutati i parametri statistici più significativi.

Si rileva, ad esempio, come la deviazione standard (S.D.), errore medio rispetto alla media, ossia "differenza media dalla media" risulti inferiore a 0,1 contro la tolleranza ammessa dal capitolato e pari a +/- 0.3%; anche il campo della distribuzione ( $R = X_{max} - X_{min}$ ) è inferiore a detta tolleranza.

Ne consegue che i dati di questa distribuzione si distribuiscono in piena conformità alle specifiche delle citate Norme Tecniche.

In fig. 5, invece, viene illustrato come sia possibile trarre dalla banca dati una serie di informazioni su base temporale prefissata.

Scelto in modo mirato l'intervallo in tempo, ad esempio una fase lavorativa susseguente un periodo di stasi operativa, attraverso un appropriato gestore di dati la scansione dell'archivio consente di visualizzare le sperimentazioni effettuate nel corso di tale selezione temporale.

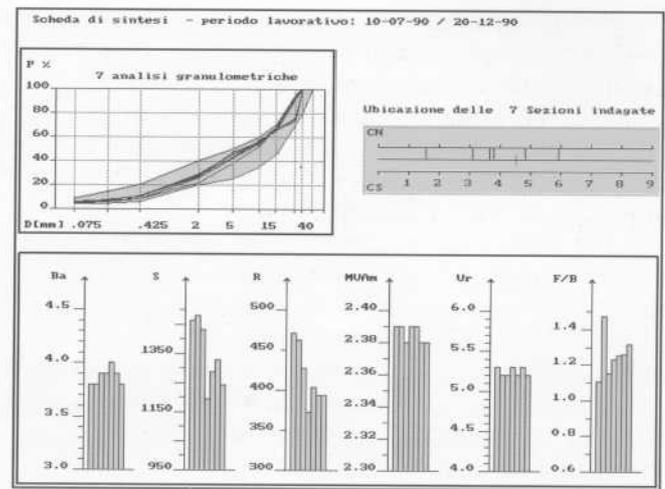


Fig. 5 - Scheda di sintesi per il periodo. 10.07.90 - 20.12.90

In una finestra grafica viene visualizzata l'ubicazione dei prelievi articolata per progressiva e per carreggiata.

In una seconda finestra sono raccolti gli assortimenti granulometrici dei campioni provati mentre nella terza sono raccolte le distribuzioni, campione per campione, dei seguenti parametri:

- tenore di legante (Ba);
- dati della sperimentazione Marshall [Stabilità (S), scorrimento (s) e rigidezza (R)];
- addensamento Marshall giornaliero (MVAm);
- percentuale dei vuoti residui (Vr);
- rapporto filler/bitume (F/B).

Un'eventuale lacuna in una delle distribuzioni, rappresentate attraverso istogrammi, è indicativa del fatto che una determinata prova non è stata eseguita.

Spostando la base temporale di analisi (fig. 6) si può

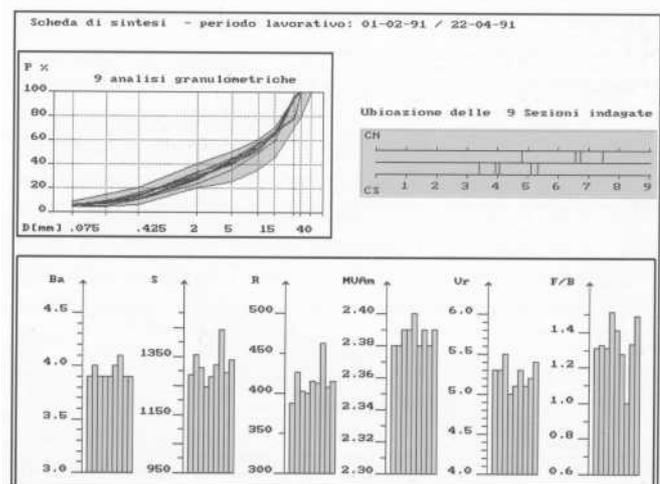


Fig. 6 - Scheda di sintesi per il periodo. 01.02.91 - 22.04.91

giungere a valutazioni d'insieme che potrebbero confermare caratteristiche di costanza produttiva o, di contro, eventuali tendenze.

L'espansione a tutto il periodo oggetto della campagna sperimentale (fig. 7) consente di pervenire ad una tavola grafica di estrema sintesi che permette la valutazione globale di tutti i parametri indagati.

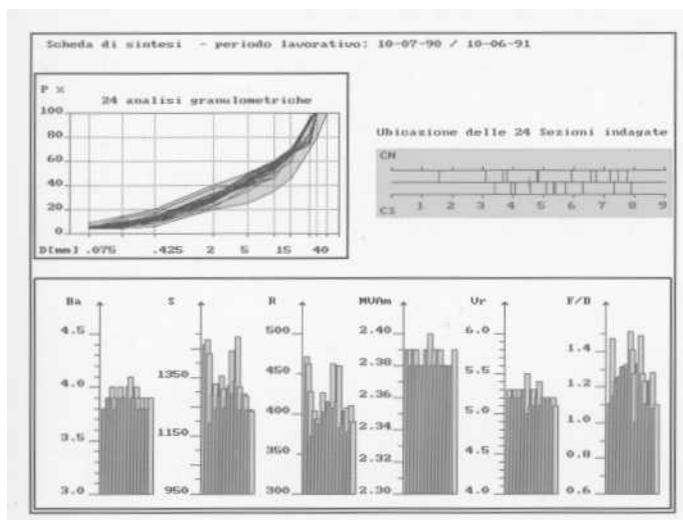


Fig. 7 - Scheda di sintesi per il periodo.  
10.07.90 - 10.06.91

Il controllo conclusivo dei conglomerati bituminosi posti in opera avviene attraverso la valutazione del grado di costipamento rilevato su carote prelevate dopo la stesa.

Allo scopo, la scansione del "file" dati specializzato (tipo B) consente la visualizzazione delle ubicazioni dei carotaggi, la verifica di congruenza (frequenza dei controlli) e la verifica di conformità.

Quanto sopra è rappresentato in fig. 8, ripartita in due finestre grafiche.

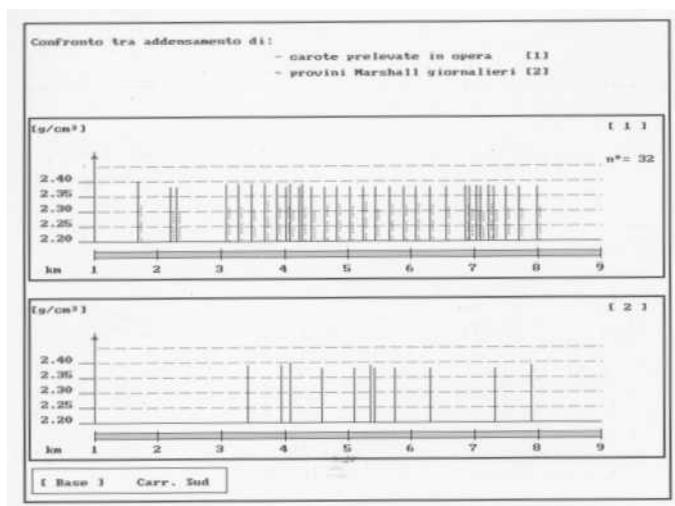


Fig. 8 - Controllo conclusivo del grado di costipamento

Quella superiore mostra ubicazione e valori dei due parametri che consentono di valutare il raggiungimento del prefissato grado di costipamento:

- addensamento Marshall giornaliero (linee continue);

- addensamento delle carote (linee tratteggiate).

Nella finestra inferiore, di contro, sono riportati i soli valori degli addensamenti Marshall giornalieri desunti dalla lettura del file relativo alle prove effettuate su campioni prelevati all'atto della stesa (tipo A).

Dall'esame della figura si evince che i valori di addensamento Marshall giornaliero sono relativamente poco numerosi (finestra inferiore) e sembrano trasparire lacune documentali per quanto concerne i primi due chilometri del lotto in carreggiata Sud.

Le operazioni di carotaggio, di contro, hanno interessato in modo sistematico l'intero lotto.

L'output grafico, pertanto, segnala che esiste uno sbilanciamento tra numerosità dei carotaggi post stesa e prelievi di conglomerato all'atto della messa in opera del conglomerato.

Si ritiene che ciò sia riconducibile a lacune nella documentazione d'archivio in possesso dell'impresa.

## 5. Conclusioni

La realizzazione di una infrastruttura stradale è un'opera di ingegneria che vede la completa realizzazione dopo una fase progettuale ed operativa complessa, nella quale la realizzazione della sovrastruttura rappresenta il tassello che si pone in opera per ultimo, ma non per questo è da ritenersi elemento marginale.

È stato notevole lo sviluppo di software dedicato alle fasi precedenti del processo progettuale, ma il supporto informatico a servizio delle procedure del controllo di qualità non sempre presenta caratteristiche di immediatezza, di specificità e di semplicità di approccio.

Lo sviluppo del software di cui si riferisce in questa nota, pur non rappresentando la piena soluzione a tutte le esigenze conoscitive di settore, consente, tuttavia, una analisi dei dati sperimentali abbastanza approfondita ed articolata, utile supporto in fase di valutazione degli aspetti di conformità e di congruenza previsti dagli standard di capitolato.

La flessibilità con la quale una banca dati può essere strutturata, consente l'applicabilità dei criteri di analisi mostrati anche ad una rete articolata come quella dell'area metropolitana di Roma.

Risulta evidente che quanto più omogenee e complete sono le informazioni contenute nell'archivio,

tanto più efficace e selettiva sarà la possibilità di approfondimenti conoscitivi.

Non ultimo è opportuno ricordare che la costituzione di una banca dati informatica di questo livello potrebbe interfacciarsi ed integrarsi con i piani di manutenzione programmata di rete, consentendo un recupero immediato di tutte le informazioni (prove di caratterizzazione dei materiali, epoca di messa in opera, spessori, ecc.) relative ad infrastrutture viarie sulle quali, in futuro, si rendesse necessario intervenire.

Inoltre, nell'ipotesi di riciclaggio dei manti stradali, le informazioni presenti nella banca dati sono di sicuro aiuto ed interesse..

### **Riferimenti bibliografici**

- Norme Tecniche Autostrade S.p.A. 1984.
- P. Ferrari-F. Giannini: Ingegneria stradale vol. II (ISED).
- CNR B.U. n° 30/72, 38/73, 39/73, 40/73, 61/78.
- AFNOR, Fidélité d'une méthode d'essai -NF, X 06-041 Paris 1970.
- La funzionalità dell'archivio elettronico per un recupero, alla ricerca statistica e tecnologica, dei dati relativi alla routine sperimentale di laboratorio (G. Rossi) - Atti del XX Convegno Nazionale Stradale A.I.P.C.R., Cagliari 1986.
- Guida applicativa per la certificazione del Sistema Qualità di aziende operanti nella produzione di miscele/conglomerati bituminosi, ICMQ-SITEB 1996.