

**SITEBSi srl**

# Rassegna del bitume

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

ESTRATTO DAL N° **25/95**

**I conglomerati bituminosi nelle pavimentazioni aeroportuali**

*A.A. Molenaar*

*Università tecnica di Delft, Olanda*

# I conglomerati bituminosi nelle pavimentazioni aeroportuali

## Asphalt mixes for airports construction

A.A. MOLENAAR

Università tecnica di Delft, Olanda

Si portano a conoscenza dei lettori della rivista «La Rassegna del Bitume» le iniziative dell'Amministrazione olandese preposta alla gestione dell'aeroporto di Amsterdam-Schiphol, attuate nel campo dei bitumi modificati con i polimeri, applicati alle pavimentazioni aeroportuali.

Segue, infatti, la traduzione integrale dell'articolo "Asphalt in Airport Pavement Construction" redatto dal prof. A.A. Molenaar dell'Università tecnica di Delft, consulente dell'amm. ne aeroportuale di Schiphol, pubblicato nel numero 1595 della rivista europea "European Asphalt Magazine" foglio ufficiale dell'EAPA.

Questa interessante sintesi suggerisce due iniziative delle quali il SITEB potrebbe farsi carico.

La prima riguarda l'assunzione di più approfondite informazioni sulla metodologia di calcolo, sulla sperimentazione in laboratorio e in campo condotta per la realizzazione delle pavimentazioni in questione; notizie che dovrebbero essere contenute nelle monografie citate nella bibliografia in calce all'articolo stesso.

La seconda riguarda la sensibilizzazione delle amministrazioni italiane nei riguardi dei modificati, iniziativa nella quale il SITEB non può limitarsi alla sola azione divulgativa di mera veste commerciale, ma deve offrire un più consistente pacchetto di know-how opportunamente ed oculatamente approntato e di livello selezionato, in grado di facilitare le Autorità tecniche preposte, conferendo loro certezza nella fase decisionale del nuovo orientamento con le tecnologie innovative in argomento.

Giorgio Castaldo  
Coordinatore Gruppo di lavoro  
SITEB sui capitolati

### Sommaire

*L'enrobé sur les pistes de aéroports*

*L'utilisation de l'enrobé sur les pistes des aéroports est un thème qui soulève beaucoup de discussion. De-*

*vant la toile de fond des poids à l'envol et à l'atterrissage de plus importants des grand avions modernes et des nécessités de l'exploitation des aéroports, notamment, la résistance et les caractéristiques d'entretien des conceptions de pistes basées sur l'enrobé se placent au centre des intérêts.*

*A l'exemple de l'aéroport d'Amsterdam, Schiphol, l'auteur décrit un projet de construction dans le cadre duquel ont été fixés successivement, sur la base d'essais individuels exécutés scrupuleusement et de critères rapportés aux performances, la formule du produit mélangé appropriée, le choix du liant approprié et l'exécution des travaux de construction.*

*Au niveau de leur résultat, les travaux ont permis d'obtenir un revêtement résistant répondant à toutes les exigences imposées par l'exploitation de l'aéroport d'Amsterdam. Pour terminer l'auteur proprement dite comme étant un excellent exemple pour illustrer la solution suivant laquelle des résultats obtenus au niveau de la recherche fondamentale peuvent être con vertis, en un temps très court, en un travail pratique.*

### 1. Premessa

Negli ultimi decenni il traffico aereo è aumentato in modo consistente e, specie per le rotte intercontinentali, si è manifestata la necessità di disporre di aeromobili di capacità ben maggiore di quella degli odierni B747 ed MD11.

La Figura 1, di fonte Boeing, fornisce la panoramica dello sviluppo che ci attende per quanto concerne i pesi e le dimensioni dei velivoli di domani.

Tali aeromobili richiederanno da parte dei maggiori scali idonee infrastrutture aeroportuali come, ad esempio, viadotti e gallerie di maggiori dimensioni e, naturalmente, pavimentazioni più robuste e più durevoli.

Specialmente per le pavimentazioni flessibili sorge la domanda se i normali conglomerati offrano sufficienti-

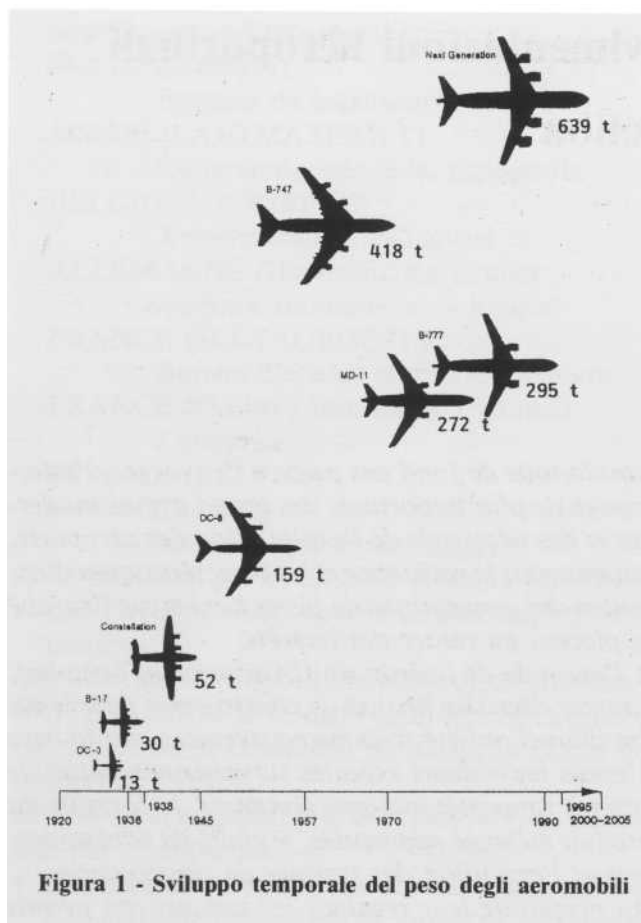


Figura 1 - Sviluppo temporale del peso degli aeromobili

Specialmente per le pavimentazioni flessibili sorge la domanda se i normali conglomerati offrano sufficienti resistenze alla fessurazione e alle deformazioni permanenti per fronteggiare i pesanti carichi di questi prossimi aeromobili. L'aeroporto di Schiphol-Amsterdam è uno degli aeroporti europei che sta già lavorando contro questa sfida.

In base al numero dei passeggeri ed al volume delle merci questo scalo è attualmente classificato come il quarto d'Europa.

L'obiettivo di Schiphol è di restare porta d'accesso all'Europa, non, con molta probabilità, come la maggiore, ma possibilmente come la migliore. Per poter essere il migliore ingresso occorre garantire la puntualità negli orari di partenza per cui, tra l'altro, non dovranno mai verificarsi ritardi causati da interventi di manutenzione sulle pavimentazioni.

Per questa ragione l'Aeroporto di Schiphol ha deciso di muoversi nella direzione della lunga durata delle pavimentazioni, durata perciò denominata a "manutenzione zero". Questo significa per le pavimentazioni bituminose uno studio dettagliato dei bitumi modificati con polimeri, in quanto si ritiene che la "manutenzione zero" possa essere sicuramente at-

tuata ricorrendo ai bitumi modificati con polimeri. Questo articolo descrive le ricerche fatte in questo campo dell'Amministrazione di Schiphol, ricerche che si sono tradotte in norme di carattere prestazionale sia per i conglomerati bituminosi convenzionali sia per quelli modificati.

L'articolo in questione espone le modalità attuative del progetto.

## 2. Programma

Per dimensionare le pavimentazioni si considerano, attualmente, 400.000 movimenti di un MD11 che si traducono nel carico di 250 kN (25 t) per ruota gonfiata e 1,4 MPa (14 atm).

Consegue dal calcolo che per rispondere al requisito di lunga durata "a manutenzione zero" la pavimentazione deve essere formata da uno strato di 270 mm di conglomerato bituminoso sovrapposto ad uno strato di fondazione, in misto cementato, dello spessore di 650 mm, con una altezza totale pertanto di ben 92 cm.

L'alto spessore della pavimentazione è dovuto alla scadente qualità del sottofondo della sede aeroportuale di Schiphol che presenta un CBR del 2 - 3%

L'alternativa proposta a questa struttura consiste in uno strato di 200 mm di conglomerato bituminoso modificato con polimeri (c.b.m.), posto sopra all'indicato strato di fondazione in misto cementato (s.m.c.), per uno spessore totale della pavimentazione di 85 cm.

Per conseguire questo consistente decremento di spessore dello strato flessibile occorre migliorare le caratteristiche del c.b.m. sia di resistenza alle deformazioni permanenti sia di resistenze alle fessurazioni, specie, in particolare, a quelle indotte dal ritiro del s.m.c., ritiro che sempre si verifica. Pertanto si è deciso che il progetto del conglomerato bituminoso e le norme che ne discendono riguardino la prestazione e non i contenuti (norme sui singoli materiali componenti e sulle singole fasi di confezionamento e posa in opera). Ciò allo scopo di conseguire le idonee qualità del conglomerato bituminoso.

## 3. Metodologia progettuale del conglomerato bituminoso

Si stabilì che il progetto del conglomerato e la redazione delle norme assorbissero un arco temporale di un mese o poco più. È stato ritenuto importante che

dal momento iniziale del progetto e fino al suo completamento lavorassero strettamente insieme l'Amm.ne aeroportuale, l'impresa costruttrice, la società di consulenza unitamente al consulente principale dell'Amm.ne prof. Molenaar. Questo metodo collegiale di affrontare il programma si è dimostrato molto proficuo.

Il progetto riguardante il conglomerato bituminoso è consistito nel calcolo dello strato di collegamento e dello strato di usura. Per ciascun tipo di conglomerato sono state scelte due gradazioni di bitume e tra i contenuti percentuali di queste (collegati alle gradazioni del bitume: a penetrazione 45/60 per lo strato di collegamento, ed a 80/100 per l'usura) sono stati studiati 4 differenti tipi di leganti modificati stirene-butadiene-stirene (SBS).

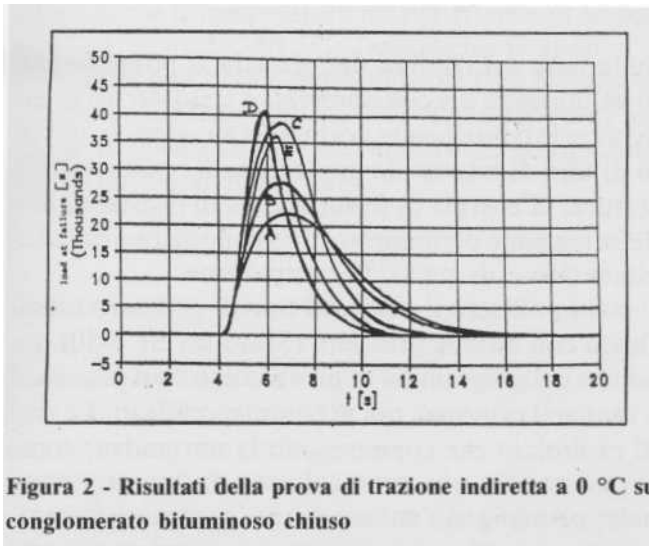


Figura 2 - Risultati della prova di trazione indiretta a 0 °C su conglomerato bituminoso chiuso

Questo vuol dire che sono state valutate 60 differenti miscele rispetto alla lavorabilità, alla resistenza alle deformazioni permanenti ed alle fessurazioni. Inoltre si sono dovuti considerare i possibili riflessi sull'ambiente conseguenti all'impiego dei bitumi modificati con i polimeri (b.m.p.). Per realizzare il programma nel limite di tempo stabilito è stata impegnata una procedura per fasi, qui succintamente descritta

### Fase 1:

Quale prima fase sono state condotte analisi delle sollecitazioni su ambedue i conglomerati presi in considerazione, cioè il conglomerato bituminoso convenzionale di riferimento dello spessore di 27 cm e quello modificato con polimeri (c.b.m.) dello spessore di 20 cm.

Lo scopo di questa analisi è stato quello di poter confrontare il valore massimo delle tensioni nel modificato con quello del conglomerato di riferimento. Ciò è stato necessario per misurare di quanto i polimeri nel c.b.m. incrementano le deformazioni permanenti e la resistenza alla fessurazione.

L'esame ha mostrato che nelle pavimentazioni modificate le tensioni rovinano meno in termini di ormaie (deformazioni a carico costante) di quanto accade nei conglomerati bituminosi normali. Le prove hanno mostrato inoltre che la struttura dei c.b.m. aumenta la resistenza alla fessurazione. Da queste prove (vedasi la fase 3) si sono ricavati, per il c.b.m., i valori sia del carico che dell'energia di rottura.

### Fase 2:

In questa fase è stata condotta una normale prova Marshall (75 colpi per faccia) per stabilire il tipo di bitume più rispondente e la più idonea sua percentuale. In questa prova è stato fondamentale determinare il contenuto dei vuoti (C.N.R. 65/78) e la percentuale dei vuoti della miscela di aggregati riempiti con bitume (C.N.R. 39/73). I risultati della prova Marshall non sono stati utilizzati come valore assoluto, ma quale criterio relativo per stabilire quale tipo di bitume ed in che percentuale fornisce i migliori valori della Marshall.

La conclusione di questa fase è l'aver individuato un unico tipo di bitume ed un'unica sua percentuale per ognuno dei conglomerati esaminati.

### Fase 3:

In questa fase i campioni sono stati preparati con l'apparecchio rotativo I.T.C. (Indirect Tester Compactor). I provini furono costipati al 98% di quella raggiunta dalla Marshall nella fase 2.

Tabella 1 - Risultati del potenziale di contaminazione ambientale dei c.b.m. confrontati con quello del bitume di riferimento

	Bitumi modificati		Bitume di riferimento mg/m <sup>3</sup>
	C mg/m <sup>3</sup>	D mg/m <sup>3</sup>	
vapori bituminosi	52,4	60	43,3
Sostanza estraibile con cicloesano	1,3	<1	1,3
poli-ciclici aromatici totali Σ(12)	0,45	0,83	1,5
poli-ciclici aromatici totali Σ(16)	3,2	6,8	15,4
benzo (a) pirene	<0,04	<0,04	<0,04

Quantità dei fumi calcolata nella località interessata 0,1 ÷ 1,7 mg/m<sup>3</sup>.  
Massima concentrazione ammissibile 5 mg/m<sup>3</sup>

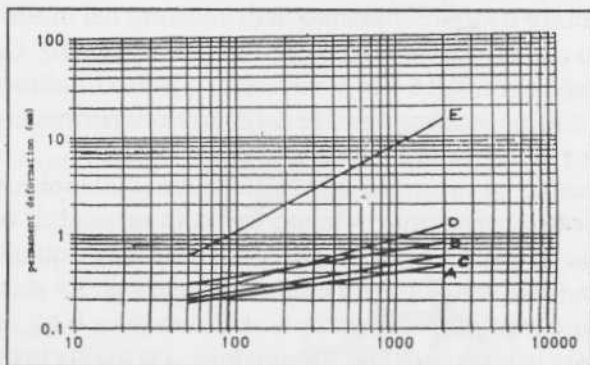


Figura 3 - Risultati delle prove di deformabilità sotto carico permanente

I risultati delle costipazioni hanno mostrato che un unico modificante ha reso i conglomerati leggermente meno costipabili. Alcuni provini ( $\varnothing = 100$  mm,  $h = 50$  mm) sono stati sottoposti a prove indirette per la determinazione della resistenza a rottura e del lavoro di rottura del materiale a  $0^\circ\text{C}$ . Un esempio dei risultati è riportato nella Figura 2. Da questa si vede che soltanto due modificanti sono stati in grado di soddisfare le esigenze riguardanti la resistenza alla fessurazione, e tra i due uno è risultato il migliore. Si noti che i c.b.m. sono distinti con le lettere A, B, C, e D mentre il conglomerato di riferimento è indicato con la lettera E. Per valutare le caratteristiche delle deformazioni permanenti a  $40^\circ\text{C}$  sono stati esaminati altri campioni in un apparecchio a carico monoassiale ripetuto. Per rispecchiare le condizioni in opera è stata applicata una elevata sollecitazione di compressione pari a  $0,4$  Mpa (4 atm).

Come previsto, così come mostrato dalla Figura 3, tutti i conglomerati bituminosi modificati si sono comportati meglio dei conglomerati di riferimento, cioè quelli contenenti il solo bitume convenzionale.

#### Fase 4:

Ulteriori prove di costipabilità sono state condotte sui conglomerati contenenti i due modificanti più idonei risultanti dalla fase 3. I conglomerati sono stati costipati a varie temperature per verificare se nel raffreddamento sorgessero seri problemi di costipabilità. Dalle prove è risultato che, in ordine alle costipabilità, i conglomerati prescelti presentano caratteristiche uguali.

#### Fase 5:

In questa fase finale si è proceduto a verificare se i

leganti modificati con i polimeri contaminassero l'ambiente in misura maggiore del conglomerato bituminoso di riferimento.

A tal fine è stata condotta, alle temperature di miscelazione, un'analisi dell'entità e della composizione dei vapori provenienti dai conglomerati, contenenti ciascuno dei due modificanti prescelti, rapportata a quella del conglomerato di riferimento contenente il bitume 45/60.

Nella Tabella 1 vengono riportati alcuni dei risultati. Da questi si è concluso che l'uso dei polimeri modificati fornisce un livello più basso di contaminazione. Tra i polimeri modificati i policiclici aromatici pervengono al livello di contaminazione più basso e perciò più vantaggioso.

## 4. Norme di capitolato

Sulla base dei risultati dei precedenti procedimenti di valutazione dei conglomerati è stato deciso di articolare la conseguente normativa su questi in termini di tipo di bitume da impiegare, di resistenza alla rottura, di energia di fessurazione, di resistenza alla deformazione permanente, di composizione del conglomerato e di entità di costipazione.

È stato precisato il nome del tipo di polimero modificato con bitume prescelto (Sealoflex SF 5-50) dopo che nel programma di prova erano stati esaminati e valutati i principali tipi di bitumi modificati. Le voci di capitolato che compongono la normativa, come si può notare, non sono soltanto di tipo prestazionale; permangono ancora norme contenutistiche riguardanti cioè le caratteristiche dei materiali. Ciò allo scopo di assicurare l'idoneità a quei materiali per i quali non sono ancora disponibili prove specifiche. Un altro motivo del ricorso anche a voci di capitolato contenutistiche e che, trattandosi nel caso in esame di un progetto piuttosto ampio, l'Amministrazione ha voluto evitare rischi.

## 5. Modalità esecutive

La costruzione della pista di rullaggio NE ha costituito la fase iniziale del prolungamento del molo D dell'aeroporto.

Questa pista è stata costruita nella primavera del '94. Per questa specifica infrastruttura sono state poste in opera  $9.000$  t di c.b.m. drenanti e  $3.000$  t di c.b.m. chiusi. Questi conglomerati sono stati stesi con l'u-

so di finitrice e sono stati compattati con un compressore vibrante semovente da 8,5 t a rullo d'acciaio (Hamm 2314 SD) e con due compressori statici da 10,5 t a 3 ruote d'acciaio (Hamm). L'esperienza acquisita nel 1990 nel corso dell'attuazione del programma ha suggerito che, prima di stendere uno strato successivo, venga tagliata una striscia di 5 cm nel precedente strato completamente raffreddato.

Per questo scopo uno dei compressori statici è stato munito di una idonea lama. In base al comportamento elastico del c.b.m. l'impresa costruttrice ha deciso di impiegare il seguente procedimento di compattazione: applicare la compattazione dinamica fino a che l'impasto bituminoso non scende sotto i 140 °C. In questa fase l'entità della costipazione aumenta dal 90 al 96% circa. Poiché si è costatato che tra i 140 °C ed i 90 °C la compattazione statica non produce alcun effetto, si è stabilito di non iniziarla finché la temperatura del materiale non sia scesa al di sotto dei 90 °C. Dopodiché si applica la compattazione statica proseguendola fino al raggiungimento della temperatura di 40 °C da parte dell'impasto. In questa ultima fase l'entità della costipazione cresce dal 96 al 100% circa.

## 6. Conclusioni

Basandosi sugli orientamenti e sui risultati ottenuti da questo studio, sono state tracciate le seguenti conclusioni:

**a)** Mediante il procedimento per fasi è stato possibile, nel breve periodo di un mese e mezzo, tra 60 tipi di conglomerati, selezionarne due dotati di alta resistenza alla fessurazione ed alle deformazioni permanenti, forniti di una buona lavorabilità ed aventi un basso potenziale di contaminazione ambientale.

**b)** È stato possibile poter sviluppare norme di capitolato indirizzate alla prestazione in sintonia con le peculiari pavimentazioni dell'Aeroporto di Schiphol. Poiché in questo caso lo schema di riferimento è stato abbozzato in modo esauriente, si è concluso che le voci di capitolato riguardanti gli impianti di c.b.m. siano articolate sulla base del raffronto impiegando prove pratiche semplici, e su base teorica precisa per quanto concerne la descrizione esecutiva.

**c)** Si è dimostrato che i risultati della ricerca di base possono applicarsi molto bene nella pratica, valutando, quindi, questo progetto eccellente esempio di come la ricerca possa essere posta in pratica.