

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-78/16(R)  
11 Aprile 1978

G. Battistoni, R. Dalmolin, U. Denni, D. De Pedis, E. Iarocci,  
M. M. Massai, G. Mazzenga, G. Nicoletti, A. Rutili e L. Trasatti:  
PROCEDIMENTI COSTRUTTIVI E DI PROVA DI TUBI  
RESISTIVI A LETTURA BIDIMENSIONALE.

G. Battistoni, R. Dalmolin, U. Denni, D. De Pedis, E. Iarocci, M. M. Massai, G. Mazzenga, G. Nicoletti, A. Rutili e L. Trasatti: PROCEDIMENTI COSTRUTTIVI E DI PROVA DI TUBI RESISTIVI A LETTURA BIDIMENSIONALE.

#### 1. - INTRODUZIONE. -

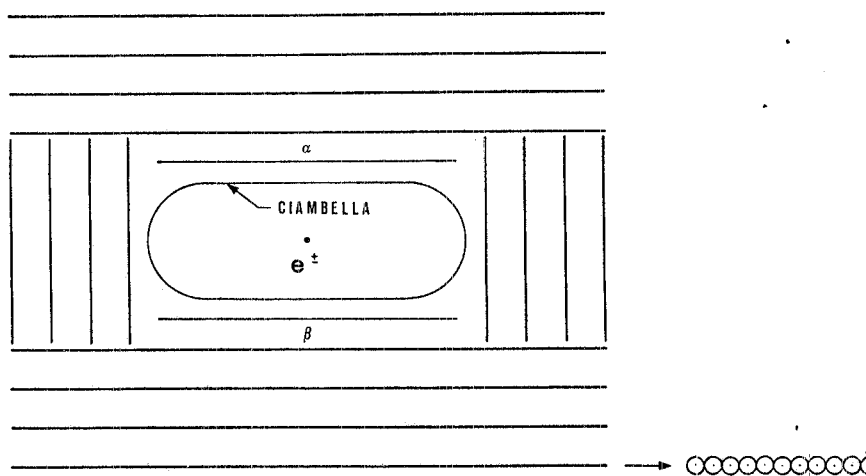
Oggetto di questa nota è la descrizione dei procedimenti costruttivi e di prova nonché delle principali caratteristiche, relativi ad un sistema di 336 tubi resistivi dotati di 384 strisce per la lettura della coordinata longitudinale. Questo sistema costituisce il nuovo rivelatore interno dell'apparato  $\gamma\gamma 2$  di Adone ed impiega una tecnica di rivelazione introdotta da quattro dei presenti autori<sup>(1)</sup>. I tubi resistivi sono costituiti da tubi di PVC con uno strato di vernice ad alta resistività ( $10^5 + 10^6 \Omega/\text{quadro}$ ) sulla parete interna ed un filo anodico al centro. Quest'ultimo ha un diametro di  $100 \mu\text{m}$  per consentirne il funzionamento in regime di Geiger limitato. La ragione specifica dell'introduzione del catodo ad alta resistività sta nel fatto che, mentre non perturba il normale funzionamento del tubo, esso risulta trasparente al campo elettromagnetico pulsato associato ad un processo di moltiplicazione sul filo, permettendone così la rivelazione mediante elettrodi di pick-up esterni ai tubi. E' così possibile localizzare il processo di moltiplicazione lungo il filo per esempio mediante eliche avvolte intorno ad uno o più tubi (lettura di un ritardo), oppure mediante elettrodi piani suddivisi in strisce poste su un lato di uno strato di tubi e ad angolo rispetto ad essi. Nel lavoro citato abbiamo mostrato che il limite inferiore della resistività del catodo per averlo trasparente all'induzione di impulsi sui pick-up esterni, è in generale molto minore dei massimi valori tollerati perchè non si abbia limitazione sulla massima frequenza di rivelazione sostenibile dai tubi.

Il diametro relativamente grande da noi adottato per il filo anodico, con miscele di gas abbastanza spegnenti (ad esempio argon ed isobutano nelle proporzioni tipicamente impiegate nelle camere a drift), permette il funzionamento dei tubi nel regime di Geiger limitato. Il tempo morto locale relativamente elevato ( $300 \mu\text{s}$  su  $\sim 1 \text{ cm}$  per incidenza ortogonale delle particelle) intrinseco di questo regime è, nel caso di Adone, largamente tollerabile. D'altra parte si hanno i notevoli vantaggi dovuti a

- a) le elevate ampiezze d'impulso ( $100 \text{ mv}/100 \Omega$ ),
- b) i larghi intervalli di funzionamento per la tensione di alimentazione,
- c) la elevata affidabilità meccanica.

Il rivelatore a tubi resistivi progettato per l'esperimento  $\gamma\gamma 2$  sostituisce la parte interna di rivelazione dei carichi dell'apparato. Esso è costituito da 336 tubi ( $17.5 \text{ mm}$  diametro interno, lunghezza  $80 \text{ cm}$ ), assemblati in 16 strati piani da 10 o 32 tubi, disposti attorno alla sezione dritta dell'esperimento come schematicamente indicato in Fig. 1 (la geometria è sostanzialmente imposta dalle parti di apparato non rimosse). Su una faccia di ciascuno strato di tubi (salvo che per 4 degli

FIG. 1 - Indicazione schematica della disposizione dei tubi attorno alla ciambella.  $\alpha$  e  $\beta$  sono due contatori a scintillazione.



strati più piccoli) c'è un piano di strisce di alluminio con passo di 21 mm e ortogonali ai fili, per la localizzazione delle tracce nella vista ortogonale ai tubi. Tale sistema permette la rivelazione delle particelle cariche ed il trigger<sup>(2)</sup> su di esse, su un angolo solido di  $0.83 \times 4\pi$  sr (per sorgente centrale e puntiforme), con una precisione spaziale di  $\pm 7$  mm sui fili e  $\pm 10$  mm sulle strisce.

## 2. - REALIZZAZIONE E TEST DEGLI STRATI DI TUBI RESISTIVI. -

Abbiamo realizzato circa 600 tubi partendo da tubo di PVC commerciale<sup>(3)</sup> del tipo usato per l'installazione degli impianti elettrici. L'uniformità della sezione e della superficie è soddisfacente, le disuniformità risultando contenute entro il 2% del diametro. Lo spessore della parete dei tubi è 1.3 mm, il diametro interno 17.4 mm. Lo spessore di parete è stato ridotto a 0.5 mm frestando due zone diametralmente opposte del tubo (Fig. 2a), allo scopo di ridurre l'inefficienza di

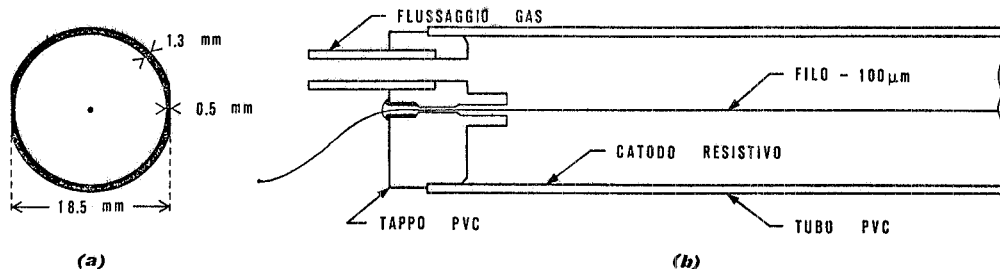


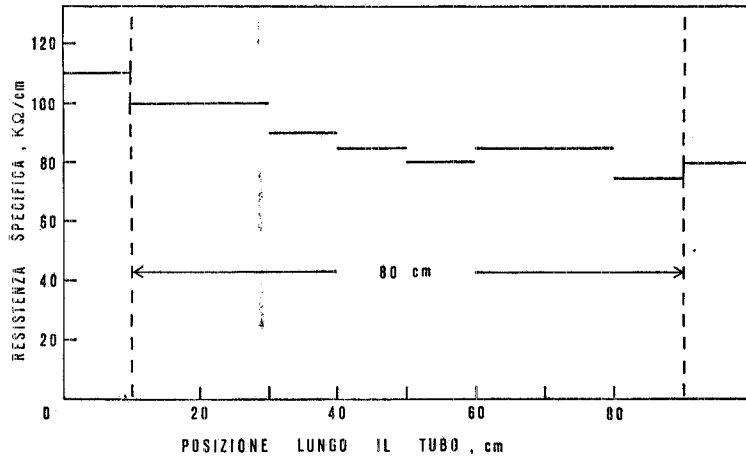
FIG. 2 - Un tubo in sezione trasversale (a) e longitudinale (b).

uno strato di tubi dovuta a tale spessore.

Per la realizzazione dei catodi resistivi abbiamo impiegato una vernice simile alla miscela di colla poliacetovinilica<sup>(4)</sup> e nerofumo già citata<sup>(1)</sup>. La differenza sta nel fatto che abbiamo usato una sospensione commerciale di nerofumo in acqua<sup>(5)</sup>: niente altro che del colorante per vernici ad acqua. Ciò non è casuale in quanto molto spesso il nerofumo è usato come pigmento nero sia nell'industria delle vernici che delle plastiche. La perfetta miscelabilità del colorante con la colla rende banale la realizzazione delle miscele. Le proporzioni impiegate per ottenere resistenze specifiche di  $\sim 50 \text{ K}\Omega / \text{cm}$  lungo il tubo sono: colla 53, Acqua 37, colorante nero 10.

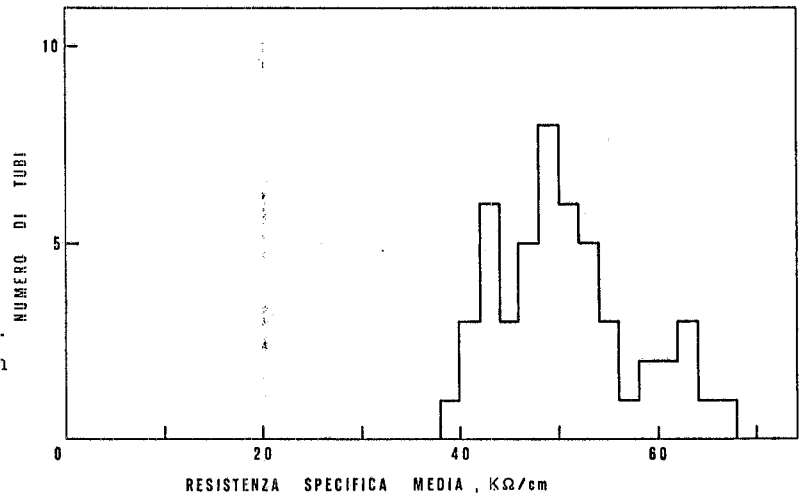
Il procedimento di verniciatura della parete interna del tubo da noi usato è il seguente: il tubo (inizialmente lungo 20 cm in più della dimensione definitiva) viene a) riempito di vernice, b) vuotato, c) fissato in posizione verticale, d) lasciato asciugare in un debole flusso d'aria diretto dall'alto al basso. In questo modo, tagliando i 10 cm eccedenti la lunghezza voluta su ciascuna delle due estremità,

si ottengono, per una data miscela, caratteristiche di uniformità e riproducibilità soddisfacenti. In Fig. 3 è mostrato un tipico andamento della resistenza specifica lungo un tubo. In Fig. 4 è mo-



**FIG. 3** - Andamento della resistenza specifica del catodo lungo un tubo. La posizione è misurata a partire dall'estremità tenuta in alto durante l'asciugatura della vernice.

**FIG. 4** - Distribuzione delle resistenza specifica media per un campione di 50 tubi realizzati con una data miscela.



strata una tipica dispersione dei valori di resistenza specifica media per un campione di 50 tubi realizzati con una data miscela.

Per avere elettricamente accessibile all'esterno lo strato di vernice resistiva sulla parete interna, le estremità del tubo vengono ulteriormente verniciate per semplice immersione su  $\sim 1$  cm.

A questo punto nel tubo viene montato il filo (Cu-Be da  $100 \mu\text{m}$  di diametro) il quale, teso a 120 g, viene saldato su due contatti metallici infissi nei tappi di PVC (vedi Fig. 2b).

I tubi così fatti passano ad essere incollati insieme in strati senza essere messi in funzione, ma solo verificando che la tensione meccanica del filo e la resistenza del catodo misurata tra i contatti esterni siano corretti. Tale procedura a posteriori si è confermata corretta nel senso che non si è trovato nessun tubo difettoso una volta montati gli strati. D'altra parte solo 3 tubi su  $\sim 600$  sono stati scartati in questa fase. Il controllo della tensione meccanica del filo viene fatto introducendo il tubo in un campo magnetico, sollecitando il filo con il segnale di corrente periodico a frequenza variabile e verificando quindi che la frequenza di risonanza della vibrazione meccanica così indotta sia quella del valore di riferimento.

L'incollaggio dei tubi in strati piani si effettua unendo insieme le facce spianate. Abbiamo così realizzato 14 strati da 10 tubi e 13 da 32 tubi.

Il flussaggio del gas attraverso uno strato viene effettuato collegandone in serie tutti i tubi. Ciò non comporta gradienti osservabili nella caratteristica dei tubi lungo la serie degli stessi, data l'ottima tenuta di gas che si riesce a realizzare sigillando con uno strato di colla la giunzione tappo-tubo. Uno strato con il flusso di gas interrotto conserva per diversi giorni inalterate le sue caratteristiche di funzionamento.

Ciascuno strato prima di essere completato con l'assemblaggio delle strisce, viene provato misurando la frequenza di singola e la corrente dell'OR dei tubi che lo compongono al variare della tensione di alimentazione. Dato l'elevato segnale di corrente disponibile l'OR è realizzato semplicemente cortocircuitando insieme tutti i fili di uno strato e discriminando quindi i segnali con una soglia di 20 mV/50Ω. In Fig. 5 sono mostrate le tipiche curve di conteggio di singola in funzione dell'alta tensione per uno strato da 10 tubi (Fig. 5a, b, c) e 32 tubi (Fig. 5d), al variare della miscela di gas: argon e isobutano con eventuale aggiunta di piccole quantità di alcool isopropilico (2-propanolo). Quest'ultimo ha l'effetto di allargare l'intervallo di tensione di lavoro

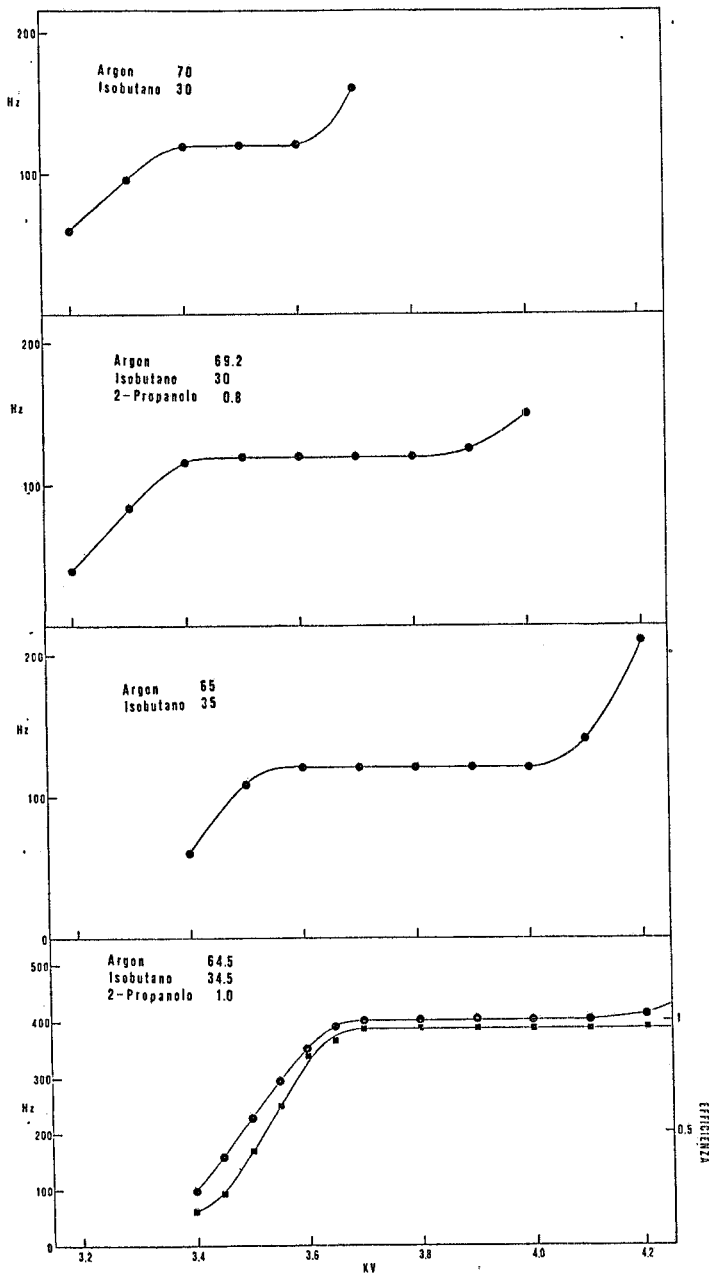


FIG. 5 - Curve di conteggio di singola in funzione della tensione di alimentazione, per varie concentrazioni di argon, isobutano e 2-propanolo (alcool isopropilico). Le curve a, b e c, si riferiscono ad uno strato di 10 tubi, la curva d, si riferisce ad uno strato di 32 tubi ed è mostrata insieme alla curva di efficienza.

alle concentrazioni inferiori di isobutano. Stiamo studiando la possibilità che la presenza di 2-propanolo riduca i noti effetti di degenerazione a lungo termine dovuti all'isobutano. Nella Fig. 6d è

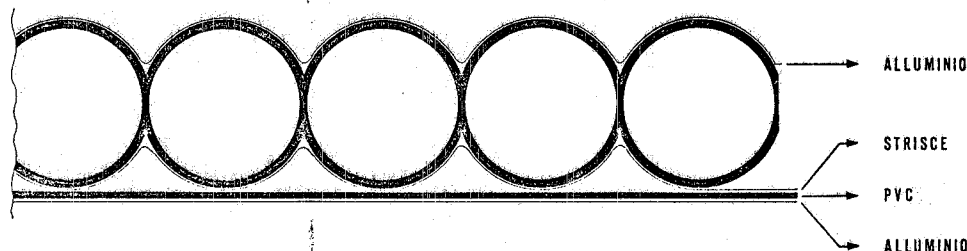


FIG. 6 - Uno strato di tubi in sezione per mostrare la disposizione delle strisce e degli schermi di alluminio.

anche mostrato l'andamento dell'efficienza associata a quello dei conteggi di singola dello stesso strato al variare della tensione d'alimentazione. L'efficienza è misurata con raggi cosmici selezionati da 3 contatori a scintillazione ( $20 \times 30 \text{ cm}^2$ ) posti sopra e sotto lo strato di tubi. Lo scintillatore più basso è schermato da Pb in modo da selezionare i  $\mu$  cosmici. In questa situazione gli strati di tubi mostrano i plateau un'efficienza di rivelazione del 96.0%. Quella attesa da un calcolo eseguito per simulare la misura, nell'ipotesi limite però che una traccia venga rivelata comunque corta sia la sua intersezione col volume interno del tubo, è pari al 97.7%. Il confronto di questi due numeri comunque mostra che l'effetto di perdita di efficienza per tracce troppo vicine alla parete, è piccolo. Nel calcolo si è tenuto conto della distribuzione angolare dei raggi cosmici e della geometria dei contatori.

### 3.- ASSEMBLAGGIO E TEST DEI PIANI DI STRISCE. -

Per ciascuno strato il piano di strisce è realizzato fissando su un foglio di cartoncino strisce di scotch di alluminio larghe 19 mm e con 2 mm di separazione. Il foglio è quindi incollato allo strato di tubi con le strisce ortogonali agli stessi e seguendone il profilo ondulato. Come elettrodo di riferimento e di schermaggio per le strisce viene posto un foglio di alluminio da  $50 \mu\text{m}$  separato da quelle da un foglio di PVC spesso 1 mm, per limitare la capacità verso massa. A completare lo schermaggio c'è un altro foglio simile di alluminio fissato sull'altra faccia dello strato in modo da seguirne il profilo ondulato (vedi Fig. 6). Il modulo viene completato connettendo le strisce ad un circuito stampato che invia i segnali ad un connettore per cavo piatto. Analogamente i fili sono connessi ad un circuito stampato per la distribuzione dell'alta tensione e la raccolta dei segnali mediante un uguale connettore per cavo piatto (Vedi Fig. 7).

Per lo strato di tubi a resistenza specifica media più bassa ( $16 \text{ K}\Omega/\text{cm}$ ) abbiamo verificato che la distribuzione di ampiezza sulle strisce associata ad una particella rivelata dal filo, risulta quella attesa in caso di influenza trascurabile dei catodi. Tale valore di resistenza specifica risulta più basso del limite inferiore dato in bibl. (1). Ciò è dovuto alla diversa geometria qui usata: precisamente al fatto che gli elettrodi esterni allo strato di tubi (le strisce e lo schermo) ne seguono il profilo ondulato, massimizzando così la capacità dei catodi resistivi rispetto a massa. Abbiamo verificato che ciò riduce l'allargamento della distribuzione d'ampiezza indotta sulle strisce dovuto alla corrente di schermaggio del catodo.

L'ampiezza minima dei segnali indotti sulle strisce è  $\sim 10 \text{ mV}/50\Omega$ .

Per avere facilmente disponibile un segnale di OR dei tubi di uno strato viene rivelata la corrente indotta sullo schermo di alluminio sulla faccia dello strato opposta a quella delle strisce. Ciò viene fatto semplicemente concatenando il filo di connessione dello schermo a massa con un nucleo di ferrite (10 mm di diametro esterno) sul quale sono avvolte 3 spire di filo di rame smaltato. Chiudendo

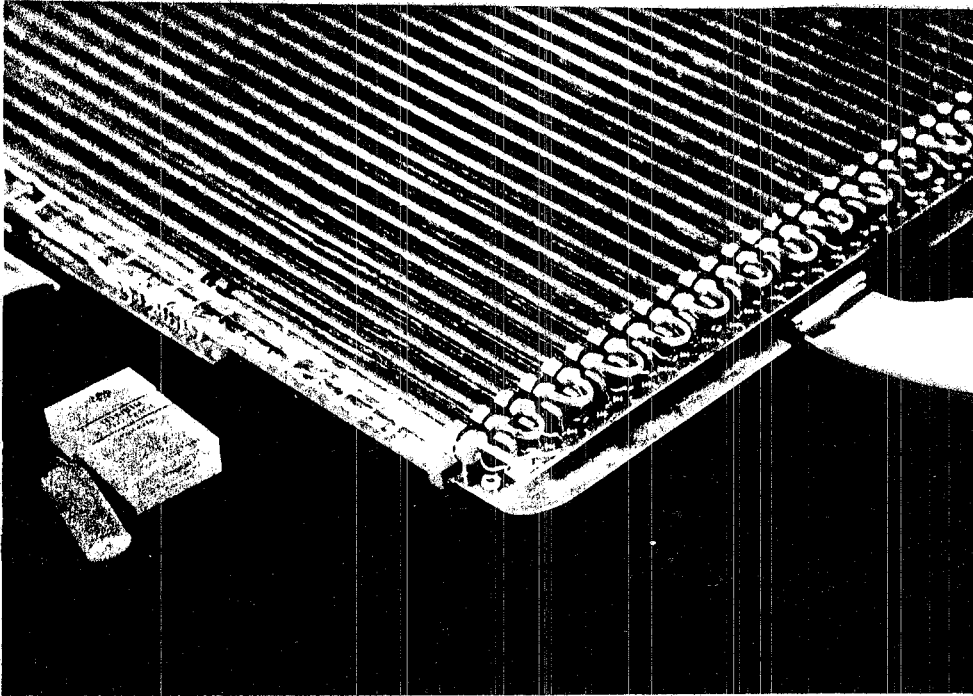


FIG. 7 - Fotografia di uno strato completo delle connessioni dei cavi piatti.

queste ultime su  $50\Omega$  si osservano segnali indotti di ampiezza tale da riprodurre le curve di conteggio in Fig. 5 se inviati a un discriminatore con soglia di  $4\text{ mV}/50\Omega$ .

BIBLIOGRAFIA E NOTE. -

- (1) - G. Battistoni et al. , LNF-77/50(P) (1977), e Nucl. Instr. and Meth. (in stampa).
- (2) - L'elettronica di lettura del sistema di tubi e quella di trigger è stata realizzata presso la sezione di Bologna dell'INFN nell'ambito della collaborazione per l'esperimento  $\gamma\gamma 2$ .
- (3) - Tubo tipo RP-5 della Roman Plastic, Pomezia.
- (4) - Vinavil NPC, Montedison.
- (5) - "Murisan" Attiva, Genova.