

**EUR 2284.i**

COMUNITÀ EUROPEA DELL'ENERGIA ATOMICA — EURATOM

**DETERMINAZIONE DI PERDITE  
IN RETI DI DISTRIBUZIONE PER GAS  
MEDIANTE TRACCIANTI RADIOATTIVI**

di

A. BRUNA e P.G. CALDERA  
(SORIN)

1965



**Rapporto N. R 327 elaborato dalla  
SORIN — Società Ricerche Impianti Nucleari  
Centro Ricerche Nucleari, Saluggia (Vercelli) — Italia.**

**Contratto Euratom N. 003-62-7 IRAI**

## AVVERTENZA

Il presente documento è stato elaborato sotto gli auspici della Commissione della Comunità Europea dell'Energia Atomica (EURATOM).

Si precisa che la Commissione dell'Euratom, i suoi contraenti, o qualsiasi altra persona che agisca in loro nome :

1° — Non garantiscono l'esattezza o la completezza delle informazioni contenute nel presente documento, nè che l'uso di qualsiasi informazione, dispositivo metodo o processo, descritti nel presente documento, non arrechino pregiudizio ai diritti sulle opere dell'ingegno e sulle invenzioni industriali.

2° — Non assumono alcuna responsabilità per i danni che dovessero risultare dall'uso di informazioni, dispositivi, metodi o processi divulgati con il presente documento.

Questa relazione è messa in vendita al prezzo di 60,— franchi belgi, su richiesta da indirizzare a : PRESSES ACADÉMIQUES EUROPÉENNES — 98, Chaussée de Charleroi, Bruxelles 6.

Il pagamento va effettuato a mezzo di versamento alla :

- BANQUE DE LA SOCIÉTÉ GÉNÉRALE (Agence Ma Campagne) — Bruxelles — conto N. 964 558,
- BELGIAN AMERICAN BANK AND TRUST COMPANY — New York — conto N. 22 186,
- LLOYDS BANK (EUROPE) Ltd — 10 Moorgate, — London E C 2,

menzionando il riferimento : «EUR 2284.i — DETERMINAZIONE DI PERDITE IN RETI DI DISTRIBUZIONE PER GAS MEDIANTE TRACCIANTI RADIOATTIVI»

Stampato da Ceuterick, Louvain.  
Bruxelles, maggio 1965

Manoscritto ricevuto il 16 dicembre 1964

# EUR 2284.i

COMUNITÀ EUROPEA DELL'ENERGIA ATOMICA — EURATOM

## DETERMINAZIONE DI PERDITE IN RETI DI DISTRIBUZIONE PER GAS MEDIANTE TRACCIANTI RADIOATTIVI

di

A. BRUNA e P.G. CALDERA  
(SORIN)

1965



Rapporto N. R 327 elaborato dalla  
SORIN — Società Ricerche Impianti Nucleari  
Centro Ricerche Nucleari, Saluggia (Vercelli) — Italia

Contratto Euratom N. 003-62-7 IRAI

## INDICE

1 — INTRODUZIONE . . . . .	3
2 — SCELTA DEL TRACCIANTE . . . . .	4
3 — ATTREZZATURE UTILIZZATE . . . . .	4
3.1 — Preparazione del bromuro di metile marcato con $\text{Br}^{82}$ . . . . .	4
3.2 — Camera a ionizzazione ed elettrometro . . . . .	5
3.3 — Rivelatori a scintillazione . . . . .	5
3.4 — Attrezzature per l'immissione del tracciante nelle tubazioni . . . . .	5
4 — ESECUZIONE DELLE ESPERIENZE . . . . .	6
5 — DETERMINAZIONE DELL'ASSORBIMENTO DEL $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$ . . . . .	7
5.1 — Assorbimento del bromuro di metile in alcuni tipi di giunto più in uso . . . . .	7
5.2 — Assorbimento del $\text{CH}_3\text{Br}$ in alcuni tipi di condensato e su incrostazioni presenti nelle tubazioni in esercizio . . . . .	11
6 — DETERMINAZIONE DELL'EFFICIENZA DI RIVELAZIONE DEL $\text{CH}_3\text{Br}$ IN FUNZIONE DI VARI PARAMETRI . . . . .	12
6.1 — Efficienza di rivelazione in funzione della durata dell'immissione del $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$ , della pressione del gas nella tubazione, dell'entità delle perdite e dell'umidità del terreno . . . . .	12
6.1.1 — Durata dell'immissione del $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$ . . . . .	24
6.1.2 — Portata e pressione . . . . .	24
6.1.3 — Umidità . . . . .	28
6.2 — Efficienza di rivelazione in funzione della natura, compattezza e spessore del terreno sovrastante la tubazione . . . . .	28
6.3 — Efficienza di rivelazione in funzione della ubicazione delle fughe . . . . .	29
7 — PROVE SU TUBAZIONI IN ESERCIZIO POSTE TEMPORANEAMENTE FUORI SERVIZIO . . . . .	33
7.1 — Dati riguardanti le singole prove su tubazioni poste fuori esercizio . . . . .	33
7.2 — Precisione nella localizzazione dei punti di fuga . . . . .	35
8 — VANTAGGI E SVANTAGGI DEL METODO . . . . .	36
9 — CONCLUSIONI . . . . .	36

# DETERMINAZIONE DI PERDITE IN RETI DI DISTRIBUZIONE PER GAS MEDIANTE TRACCIANTI RADIOATTIVI

## 1 — INTRODUZIONE

Oggetto della presente ricerca è lo studio dell'applicabilità di un metodo di localizzazione di perdite in tubazioni interrate per gas fuori servizio, o che possano essere messe temporaneamente fuori servizio, mediante l'impiego di traccianti radioattivi.

La localizzazione delle perdite si basa sulla possibilità di rivelare in superficie le radiazioni emesse dal radioisotopo immesso, sotto forma di gas, nella tubazione e fuoruscito nel terreno attraverso i punti di fuga.

Il metodo adottato è schematicamente il seguente .

- a) iniezione in un tratto isolato di tubazione del tracciante radioattivo sotto forma gassosa;
- b) permanenza del gas nella tubazione alla pressione stabilita, per un periodo di tempo determinato;
- c) eliminazione del tracciante mediante lavaggio con gas inattivo;
- d) rivelazione delle eventuali fughe di gas mediante esplorazione della superficie del terreno sovrastante la tubazione con un rivelatore di radiazioni portatile.

Occorre tenere presente che vi potrebbero essere interferenze dovute ad eventuali accumuli di tracciante radioattivo nei giunti, sulle incrostazioni e nelle condense in entità tale da essere rivelati in superficie e, di conseguenza, scambiati per perdite.

Infine, per poter comparare i risultati ottenuti con esperienze effettuate in condizioni diverse, si è ricorsi al termine di « efficienza di rivelazione » definito come rapporto tra il segnale massimo del rivelatore ed i  $\mu\text{C}$  di tracciante radioattivo fuorusciti nel terreno. Per segnale massimo si intende il valore massimo nel tempo della misura eseguita nella zona ove si ha il massimo di attività. L'efficienza di rivelazione così empiricamente definita vale naturalmente per un determinato apparecchio rivelatore e per un dato radioisotopo.

Si sono presi in considerazione i seguenti parametri che si presumeva avessero una qualche influenza sulla efficienza di rivelazione, e precisamente :

- a) natura e compattezza del terreno;
- b) umidità del terreno;
- c) spessore dello strato di terreno sovrastante la tubazione;
- d) entità delle fughe;
- e) pressione del gas nella tubazione;
- f) durata dell'immissione del gas radioattivo nel terreno;
- g) ubicazione delle fughe (zona superiore, laterale od inferiore della tubazione).

## 2 — SCELTA DEL TRACCIANTE

Il tracciante dovrebbe avere le seguenti caratteristiche :

- emissione di radiazioni di elevata energia, sufficiente cioè ad attraversare spessori anche notevoli di terreno e di pavimentazione stradale;
- periodo di semitrasformazione breve (compatibilmente con la durata dell'esperienza) in modo da non creare problemi di contaminazione permanente;
- bassa radiotossicità;
- composto gassoso a temperatura e pressione ambiente, attivabile mediante irraggiamento neutronico o facilmente ottenibile da un composto attivato. Le caratteristiche chimico-fisiche di detto composto dovranno essere tali da evitare una troppo veloce diffusione del tracciante nel terreno circostante la fuga, che avrebbe come conseguenza una non buona localizzazione del punto di perdita.

In conseguenza di quanto sopra la scelta è caduta sul  $\text{CH}_3\text{Br}$ , composto gassoso a pressione e temperatura ambiente (p.e.  $2^\circ\text{C}$ ), marcato con  $\text{Br}^{82}$ , le cui caratteristiche soddisfano ai requisiti richiesti.

Si è pure tenuto in considerazione il fatto che il suddetto composto è già stato utilizzato con successo in lavori analoghi (1-5) (7).

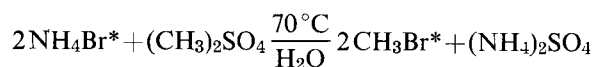
Le principali caratteristiche del  $\text{Br}^{82}$  sono le seguenti :

- emissione di varie radiazioni  $\gamma$  molto penetranti con energie comprese tra 0,5 a 1,47 MeV;
- periodo di semitrasformazione : 36 ore;
- lo si ottiene sottoponendo ad attivazione neutronica il  $\text{Br}^{81}$  che si trova in percentuale del 49,46% nel bromo inattivo :  $\text{Br}^{81} \xrightarrow{(n\gamma)} \text{Br}^{82}$ .

## 3 — ATTREZZATURE UTILIZZATE

### 3.1 — Preparazione del bromuro di metile marcato con $\text{Br}^{82}$

Per quanto riguarda la preparazione del tracciante bromuro di metile, anzichè irraggiare direttamente il  $\text{CH}_3\text{Br}$ , possibilità della quale si conoscono solo scarse notizie bibliografiche, si è preferito preparare il  $\text{CH}_3\text{Br}$  marcato secondo il metodo descritto da Pichat (6) basato sulla reazione di doppio scambio tra bromuro ammonico marcato (ottenuto per irraggiamento neutronico) e solfato di metile secondo la reazione :



che avviene con una buona resa (90-95%).

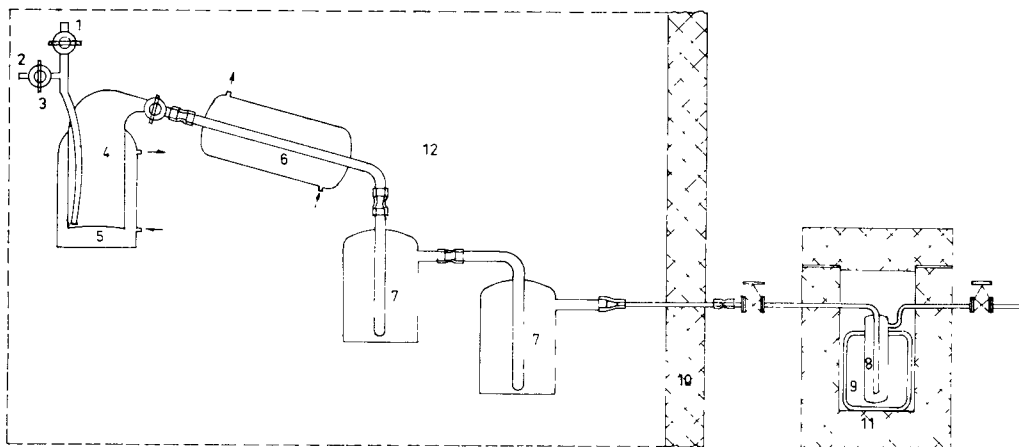
Lo schema dell'apparecchiatura è riportato in Fig. 1.

La boccia di reazione è riscaldata facendo circolare nella camicia di riscaldamento acqua a  $70^\circ\text{C}$  di un termostato a circolazione. Attraverso il tubicino si fa gorgogliare dell'aria in modo da facilitare il trascinarsi del bromuro di metile. Il gas passa attraverso ad un refrigerante ad acqua ed a due boccie di lavaggio, la prima ad acqua, la seconda ad  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ed infine viene condensato in una fiala metallica mantenuta a  $-70 \div 80^\circ\text{C}$  per mezzo di un bagno di alcool raffreddato con azoto liquido.

L'apparecchiatura sopra descritta è montata in una cella di chimica analitica schermata con 5 cm di piombo.

La fiala metallica (ed il vaso Dewar che la contiene), anch'essa schermata con 5 cm di piombo, è posta esternamente alla cella.

Al termine della reazione si trasferisce la fiala in un apposito contenitore di trasporto in piombo.



- 1 Introduzione dei reagenti
- 2 Introduzione dell'aria
- 3 Scarico
- 4 Boccia di reazione
- 5 Camicia di riscaldam
- 6 Refrigerante

- 7 Flacone di lavaggio
- 8 Fiala in acciaio inox
- 9 Vaso di Dewar
- 10 Schermo in Pb della cella di chimica analitica
- 11 Schermo in piombo
- 12 Cella di chimica analitica

Fig. 1 — Apparecchiatura per la preparazione del  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$

### 3.2 — Camera a ionizzazione ed elettrometro

Le misure delle attività utilizzate per la preparazione del bromuro di metile attivo sono state eseguite mediante una camera a ionizzazione del tipo a pozzetto della General Radiological, NEO 14 (UKAEA tipo 1383-A), collegata con un elettrometro lineare della Victoreen modello VTE-2.

La misura è stata eseguita direttamente sulla fiala contenente il bromuro di metile attivo, tenendo conto delle correzioni dovute alla geometria della sorgente.

### 3.3 — Rivelatori a scintillazione

Per l'esplorazione del terreno sovrastante la tubazione sono stati utilizzati due scintillatori portatili : uno della Victoreen modello 489, Thyac II, con testa di sonda munita di un cristallo di ioduro di sodio, attivato con tallio, delle dimensioni di  $1'' \times 1''$ , tarato in c.p.m.; l'altro della SRAT, modello S.P.P.2 con cristallo di  $1'' \times 1\frac{1}{2}''$ , tarato in c.p.s.

### 3.4 — Attrezzature per l'immissione del tracciante nelle tubazioni

Per le esperienze eseguite in tubazioni lontane dalle Officine del Gas si è reso necessario l'approntamento di una attrezzatura che rendesse agevoli, rapide e sicure le operazioni necessarie per l'immissione del tracciante nella tubazione.

Tale attrezzatura (vedi Fig. 2) approntata dall'Italgas e montata su un automezzo, è costituita essenzialmente da una bombola schermata con 5 cm di piombo, contenente una miscela di  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$  e  $\text{CH}_4$  (\*), da un miscelatore e da alcuni flussimetri. Nel miscelatore vengono inviati, attraverso due flussimetri e un riduttore di pressione, il gas attivo proveniente dalla bombola ed il gas inattivo proveniente dalla rete, con un rapporto di miscelazione tale che la miscela formatasi ed immessa nella tubazione abbia l'attività specifica desiderata dell'ordine del  $\mu\text{C}/\text{litro}$ .

A seconda del rapporto di miscelazione richiesto nei vari casi, si utilizzano i due flussimetri con portata compatibile con le portate richieste, escludendo gli altri mediante un by-pass.

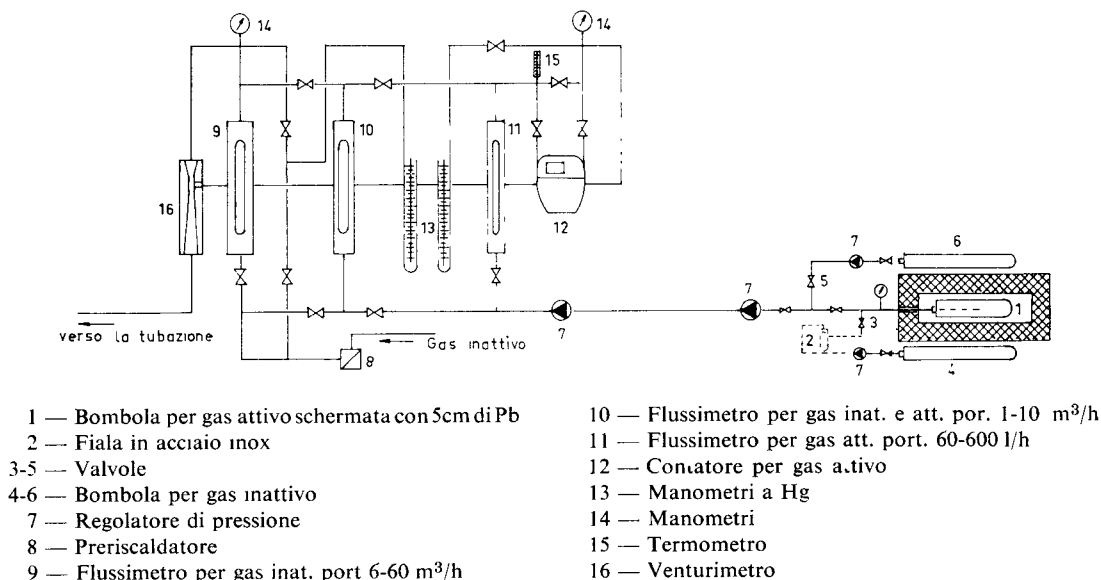


Fig. 2 — Schema del dispositivo per l'immissione del tracciante nelle tubazioni

#### 4 — ESECUZIONE DELLE ESPERIENZE

La ricerca si è praticamente articolata in tre fasi. Nella prima fase è stata studiata l'entità del sorbimento del bromuro di metile sui tipi di giunto più in uso negli impianti di distribuzione di gas, sulle incrostazioni e su alcuni tipi di condense. Nella seconda fase sono stati studiati i vari parametri che presumibilmente possono influenzare l'efficienza di rivelazione utilizzando tratti di tubazione appositamente attrezzati.

Nella terza fase infine si è passati alle prove su tubazioni appartenenti alle reti di distribuzione di vari esercizi, poste fuori servizio per la durata della prova.

(\*) Si collega la fiala metallica 2 contenente il  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$  con la bombola 1 attraverso il rubinetto 3, si trasferisce il bromuro di metile nella bombola 1 facendo fluire attraverso la fiala una corrente di gas proveniente dalla bombola 4. Si chiude quindi il rubinetto 3, e, attraverso il rubinetto 5 e mediante un tubo di gomma speciale rinforzato, resistente alle alte pressioni, si trasferisce il gas dalla bombola 6 contenente metano a 200 ate, alla bombola 1 contenente il tracciante, fino a raggiungere in quest'ultima una pressione di 120-150 ate. L'uniformità della miscela gasosa contenuta nella bombola 1 è stata verificata e riscontrata buona.



## 5 — DETERMINAZIONE DELL'ASSORBIMENTO DEL $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$

### 5.1 — Assorbimento del bromuro di metile in alcuni tipi di giunto più in uso

Le esperienze relative alla determinazione dell'esistenza di eventuali fenomeni di assorbimento del  $\text{CH}_3\text{Br}$  da parte dei giunti, eseguite su sette tronchetti le cui caratteristiche sono riassunte in Tab. I, sono state condotte nel modo seguente: si introduce nel tronchetto in esame, rimuovendo l'apposita chiusura, una fiala di vetro contenente bromuro di metile marcato, e si richiude quindi il tronchetto. Si lava ripetutamente con gas (metano o propano) in modo da eliminare la maggior parte dell'aria presente nel tronchetto, si introduce gas fino a raggiungere la pressione di esercizio corrispondente al tipo di giunto in esame. La rottura della fiala viene effettuata facendo cadere sulla medesima un percussore introdotto precedentemente nel tronchetto. Il movimento del percussore nel tronchetto garantisce anche una omogeneizzazione della miscela gassosa. Dopo un certo tempo si scarica il gas radioattivo e si lava per alcuni minuti il tronchetto con una corrente di gas (metano o propano) in modo da eliminare completamente il gas radioattivo. Successivamente si esplora la superficie esterna del tronchetto mediante lo scintillatore.

TABELLA I  
*Caratteristiche dei tronchetti*

N.	Materiale	Diametro	Lunghezza	Chiusura		Giunto in mezzeria
				Ad una estremità	All'altra estremità	
1	Fibronit	100 mm	1500 mm	Giunto Gibault migliorato con tappo	Giunto Gibault migliorato con tappo	A bicchiere con guarnizione in gomma
2	Acciaio	100 mm	1570 mm	Testa saldata	Flangia cieca imbullonata	Flangia con guarnizione di amiantite
3	Acciaio	100 mm	1540 mm	Testa saldata	Flangia cieca imbullonata	Isolante tipo Prochind
4	Ghisa	100 mm	1440 mm	Giunto Gibault con tappo	Flangia Ilva cieca imbullonata	Meccanico tipo Ilva con guarnizione in gomma
5	Ghisa	100 mm	1510 mm	Giunto Gibault con tappo	Giunto Gibault con tappo	Gibault
6	Ghisa	100 mm	1510 mm	Giunto Gibault con tappo	Giunto Gibault con tappo	A bicchiere con stoppa catramata e piombo
7	Acciaio	2 "	1550 mm	Testa saldata	Manicotto	Manicotto filettato e guarnizione di canapa

I risultati delle misure eseguite con lo scintillatore Victoreen sono riportati nelle Figg. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e riassunti in Tab. II.

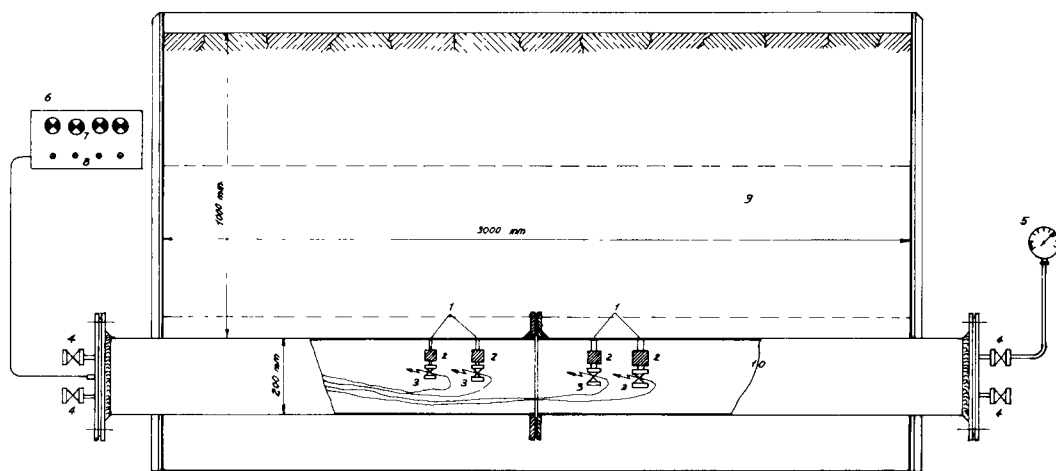
Dall'esame dei suddetti dati appare che i giunti del tipo a bicchiere (n. 1 e n. 6 di Tab. I) assorbono il bromuro di metile in misura notevolmente superiore agli altri tipi di giunto esaminati. Nel tronchetto n. 1 si è constatato che l'assorbimento è dovuto alla guarnizione di caucciù. Inoltre si è riscontrato, diversamente dagli altri tronchetti, un assorbimento diffuso su tutta la superficie della tubazione costituente il tronchetto, dovuto alla porosità del materiale.

Per quanto riguarda il tronchetto n. 6 l'accumulo di  $\text{CH}_3\text{Br}$  nel giunto può essere senz'altro imputato al catrame della stoppa catramata costituente, con il piombo, la guarnizione del giunto. Tale ipotesi è confermata dalla rivelazione di una maggior quantità di bromuro di metile in corrispondenza di zone del tronchetto ricoperte da residui catramosi (vedi Figg. 4, 7, 8, 9).

Successivamente i tronchetti sono stati posti sotto uno strato di terreno dello spessore di 30-60 cm. Con lo scintillatore portatile si è esplorato la superficie del terreno sovrastante i tronchetti e non si è riscontrato alcun aumento del segnale di fondo del rivelatore

TABELLA II  
Assorbimento sui giunti

Tronchetto n.	Tipo di giunto	Attività specifica nel tronchetto ( $\mu\text{C}/\text{litro}$ )	Velocità di conteggio sul giunto (cpm netti) (*)
1	Bicchiere con guarnizione in gomma	10	16 500 - 18 500
2	Flangia con guarnizione in amiantite	10	1 500 - 2 500
3	Isolante tipo Prochind	9	100 - 200
4	Meccanico tipo Ilva con guarnizione in gomma	8,5	300 - 800
5	Gibault	10	5 500 - 6 500
6	Bicchiere con stoppa catramata e piombo	9	18 500 - 33 500
7	Manicotto filettato e guarnizione in canapa	9	4 000 - 4 500



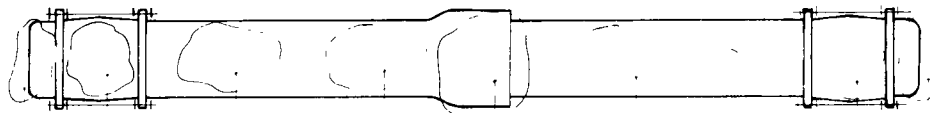
- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1 — Fori calibrati               | 6 — Quadro di comando                           |
| 2 — Filtro                       | 7 — Spie luminose d'allarme                     |
| 3 — Valvola elettromagnetica     | 8 — Interruttori                                |
| 4 — Rubinetto di regolazione gas | 9 — Terreno                                     |
| 5 — Manometro di controllo       | 10 — Tubazioni in acciaio da 200 mm di diametro |

Fig. 3 — Schema dell'attrezzatura utilizzata per studiare l'influenza di alcuni parametri

(\*) La velocità di conteggio è stata misurata appoggiando la sonda del rivelatore direttamente sul giunto.

Misure effettuate dopo scarico e lavaggio di 15'

h. 15.15 — 27.11.62
CH <sub>3</sub> Br* 2.7 gr./120 µc



4500 ÷ 5000    12000 - 13000    7000 - 8000    10.000    18 000 ÷ 20.000    14.000    18.000 - 20.000    5500 - 6000

cpm ore 17.15 del 27.11  
lordi

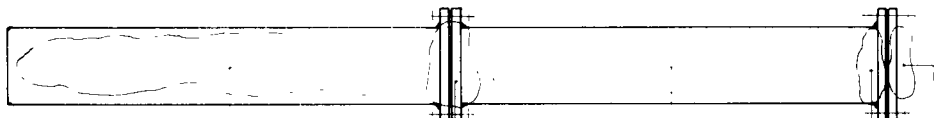
Fondo : 1 500 ÷ 1 700 cpm  
\* Residuo catramoso

Materiale	φ	L	Chiusura alle estremità	Giunto in mezzeria
Fibronit	100 mm	150 cm	Giunto Gibault maggiorato con tappo	A bicchiere con guarniz. gomma

Fig. 4 — Tronchetto n. 1

Misure effettuate dopo scarico e lavaggio di 15'

h. 17.00 — 22.11.'62
CH <sub>3</sub> Br* 2.7 gr./117 µc



1700 - 2000    3000 ÷ 4000    1700 - 2000    15.000    20.000

cpm ore 15.30 del 23.11  
lordi

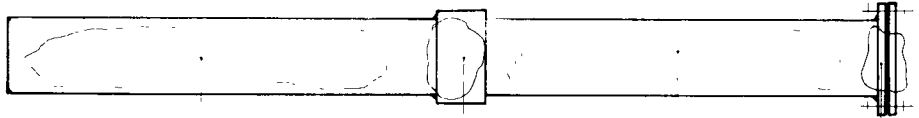
Fondo : 1 500 ÷ 1 700 cpm

Materiale	φ	L	Chiusura alle estremità		Giunto in mezzeria
Acciaio	100 mm	157 cm	Testa saldata	Flangia cieca imbullonata	Flangia con guarniz. di amiantite

Fig. 5 — Tronchetto n. 2

Misure effettuate dopo scarico e lavaggio di 15'

h. 12.30 — 16.11.'62
CH <sub>3</sub> Br* 5.4 gr./106,8 µc



1800 ÷ 2000    2000    1800 ÷ 2000    4000 ÷ 5000

cpm ore 17.15 del 16.11  
lordi

Fondo : 1 800 ÷ 2 000

Materiale	φ	L	Chiusura alle estremità		Giunto in mezzeria
Acciaio	100 mm	154 cm	Testa saldata	Flangia cieca imbullonata	Isolante tipo Prochind

Fig. 6 — Tronchetto n. 3

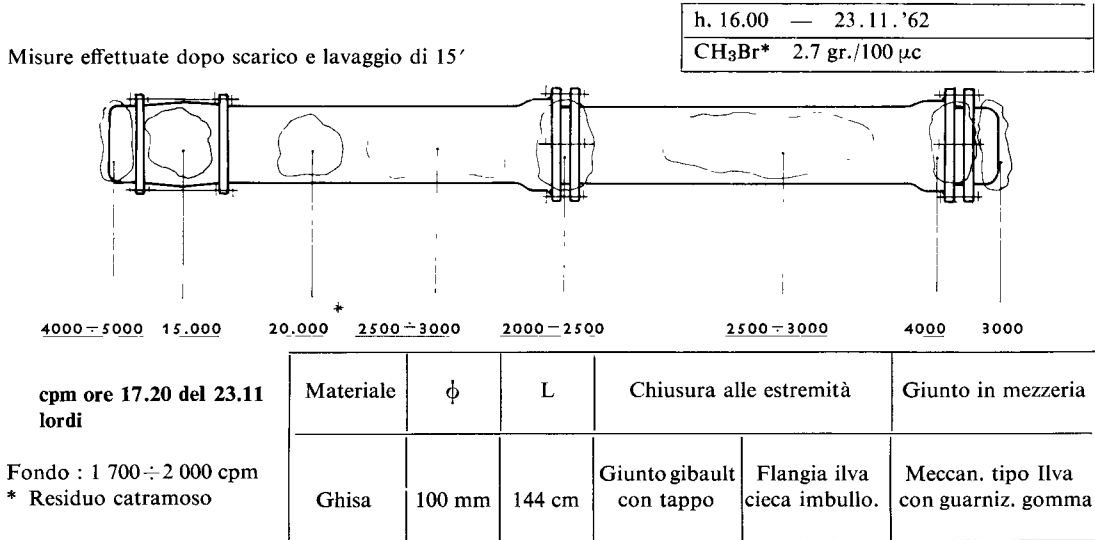


Fig. 7 — Tronchetto n. 4

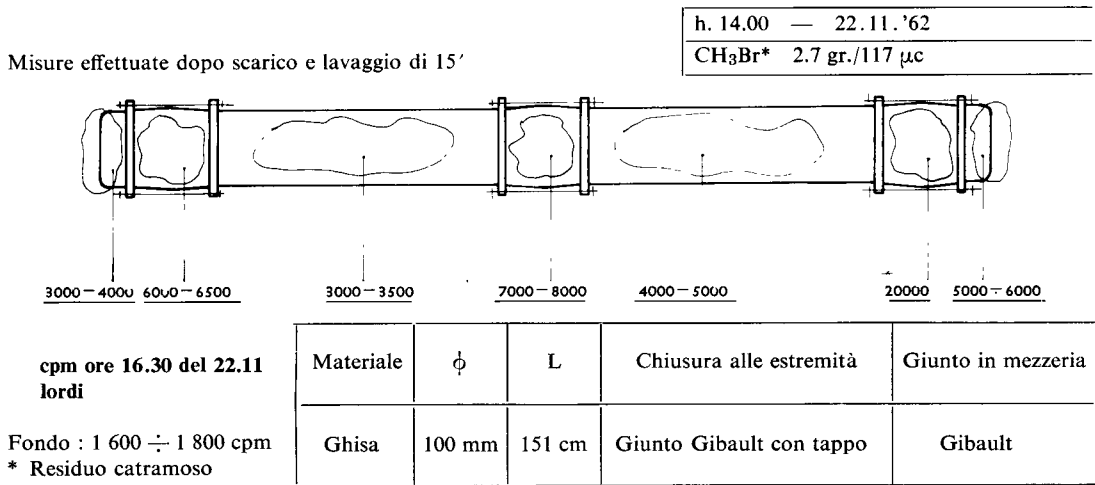


Fig. 8 — Tronchetto n. 5

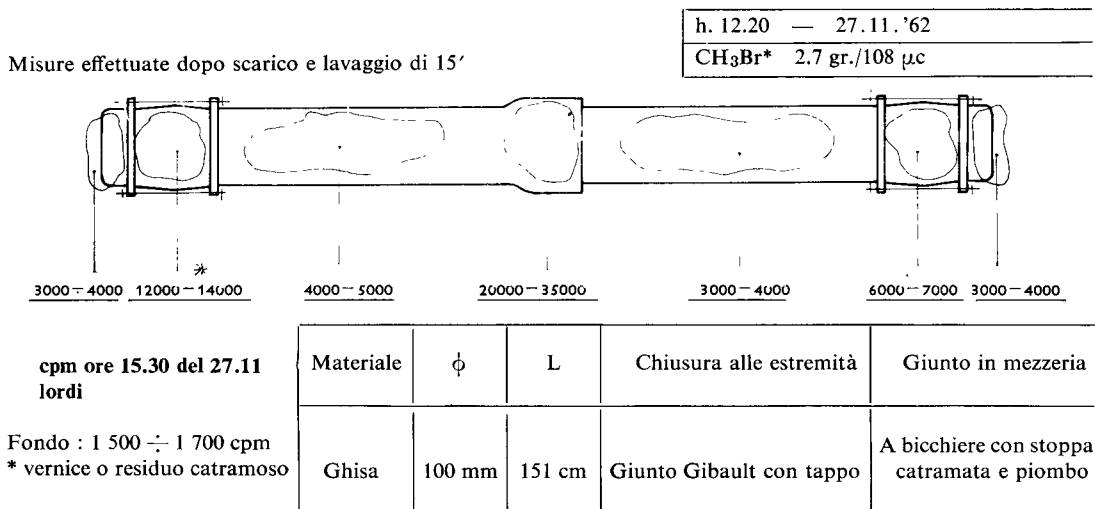
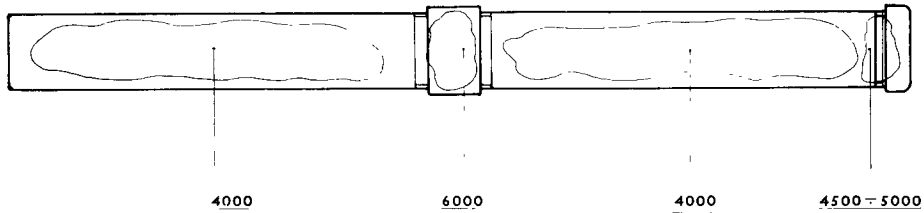


Fig. 9 — Tronchetto n. 6

Misure effettuate dopo scarico e lavaggio di 15'

h. 14.15 — 29.11.'62
CH <sub>3</sub> Br* 2.7 gr./26 $\mu$ c

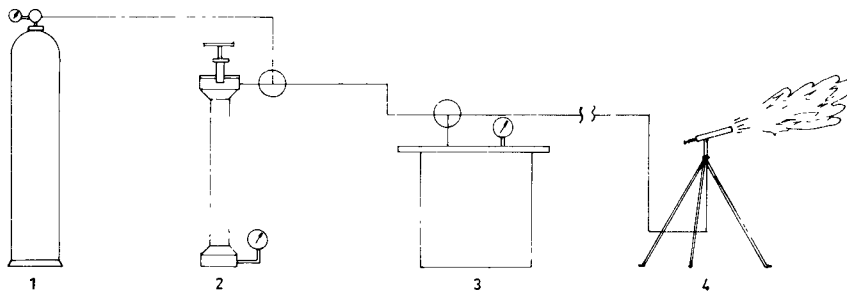


cpm ore 16.15 del 29.11 lordi	Materiale	$\phi$	L	Chiusura alle estremità		Giunto in mezzeria
	Fondo : 1 500 $\div$ 1 700	Acciaio	2"	155 cm	Testa saldata	Manicotto

Fig. 10 — Tronchetto n. 7

## 5.2 — Assorbimento del CH<sub>3</sub>Br in alcuni tipi di condensato e su incrostazioni presenti nelle tubazioni in esercizio

Le esperienze relative alla determinazione dei fenomeni di assorbimento del bromuro di metile da parte di condensati e incrostazioni presenti nelle tubazioni in esercizio, sono state condotte utilizzando un assorbitore ed un rompifiale collegati tra di loro e ad una bombola di gas (metano o propano) come schematizzato in Fig. 11. Lo schema delle operazioni è il seguente : si introducono sul fondo dell'assorbitore circa 250 g di condensato o di incrostazioni ottenendo sul fondo uno spessore di circa 3 mm; si pone quindi la fiala nel rompifiale e si lavano i due recipienti in modo da eliminare completamente l'aria. Si provoca quindi la rottura della fiala e si trasferisce il gas nell'assorbitore fino a che non si raggiunge una pressione di 2 ate (pressione massima delle reti di distribuzione).



- 1 — Bombola gas
- 2 — Rompifiale
- 3 — Assorbitore
- 4 — Bruciatore per scarico gas

Fig. 11 — Circuito per prove di sorbimento del CH<sub>3</sub>Br su condensati e incrostazioni di tubazioni

Dopo qualche tempo si scarica il gas radioattivo e si lava l'assorbitore con gas inattivo. La misura viene effettuata come specificato in Tab. III ed i dati sono riportati nella stessa tabella. Analogamente a quanto fatto per i tronchetti si è provato che con uno strato di terreno dello spessore di 30-60 cm non vengono rivelate radiazioni in più del fondo naturale.

Si può quindi concludere che il bromuro di metile sorbito nei giunti, nei condensati e nelle incrostazioni, nelle condizioni sperimentali adottate, non è rivelabile attraverso uno strato di terreno superiore a 30 cm.

TABELLA III

*Sorbimento su condensati e incrostazioni*

Materiale in esame	Attività ( $\mu\text{C/l}$ )	Velocità di conteggio misurata sul coperchio dopo 20 minuti di lavaggio con gas		Velocità di conteggio misurata sul coperchio dopo 2 ore di lavaggio con gas	
		cpm	cpm netti	cpm	cpm netti
Acqua di condensa	3,8	15 000	13 200	5 000	3 200
Catrame di gas di benzina	4,3	15 000	13 200	4 000	2 200
Residui di catrame di carbone fossile	4,4	15 000	13 200	10 000	8 200
Incrostazioni di colonne montanti	5	4 000	2 200	fondo	=
Incrostazioni di tubazioni stradali	4,8	3 000	1 200	fondo	=

## 6 — DETERMINAZIONE DELL'EFFICIENZA DI RIVELAZIONE DEL $\text{CH}_3\text{Br}$ IN FUNZIONE DI VARI PARAMETRI

### 6.1 — Efficienza di rivelazione in funzione della durata della immissione del $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$ , della pressione del gas nella tubazione, dell'entità delle perdite e dell'umidità del terreno

Per le esperienze relative allo studio di questi parametri è stato utilizzato un tratto di tubazione collocato in un cassone metallico e coperto da uno strato di terreno, prevalentemente sabbioso dello spessore di 1 m.

Nella mezzeria, la tubazione è dotata di 4 fori di diverso diametro (rispettivamente 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm e 2 mm) posti a 10 cm di distanza uno dall'altro. Delle elettrovalvole, poste all'interno della tubazione e collegate ad un quadro di comando esterno, permettono l'apertura e la chiusura dei vari fori. Tale attrezzatura, approntata dall'Italgas, è schematizzata in Fig. 3.

Con questa realizzazione è possibile ottenere delle fughe di gas di entità stabilita con il terreno sovrastante il punto di fuga sempre nelle stesse condizioni, data la distanza molto piccola tra i vari fori.

E' stata eseguita una prima serie di prove, a carattere orientativo, per stabilire approssimativamente la quantità di radioisotopo che deve essere immessa nel terreno, operando nel modo che segue.

Si riempie la tubazione con una miscela di gas e  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$  a concentrazione nota fino a raggiungere la pressione stabilita  $p_1$ , si apre quindi una delle perdite mediante l'apposita elettrovalvola, permettendo in tal modo la fuoruscita del gas marcato nel terreno. Quando la pressione all'interno della tubazione scende ad un valore  $p_2$  prossimo a quello della pressione atmosferica, si chiude la perdita. Conoscendo il volume della tubazione, l'attività introdotta e la differenza  $p_1 - p_2$  si può risalire alla quantità di  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$  fuoruscita nel terreno.

Facendo fluire attraverso la tubazione, con perdita chiusa, del gas inattivo, si scarica all'aperto il rimanente gas radioattivo. Ultimato il lavaggio si riapre la perdita e si immette nel terreno, in modo discontinuo, del gas inattivo nello stesso modo descritto per l'immissione del gas « marcato ».

Si inizia quindi ad esplorare, mediante lo scintillatore portatile, la superficie del terreno sovrastante la tubazione e, dopo aver individuato il punto in cui il segnale dato dal rivelatore è massimo, si eseguono misure in altri punti posti simmetricamente rispetto al punto di massimo.

Queste misure vengono ripetute ad intervalli regolari (circa 1 ora) in modo da seguire l'andamento del segnale dato dal rivelatore in funzione del tempo, misurato a partire dall'inizio dell'immissione del gas « marcato » nel terreno.

Nei diagrammi di Figg. 12, 13, 14, 15, 16 sono riportati i valori delle misure (espressi in cpm) in funzione del tempo trascorso dall'inizio dell'immissione del tracciante nel terreno.

Le condizioni delle varie esperienze ed i risultati ottenuti sono schematizzati in Tab. IV.

Infine per le altre prove l'immissione del gas attivo è stata effettuata collegando alla tubazione, in cui in precedenza viene introdotta una determinata attività di  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$ , una bombola contenente  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$  e metano. Si provoca la fuga aprendo l'elettrovalvola, si mantiene costante la pressione nella tubazione mediante un riduttore di pressione montato sulla bombola, e, con un contatore a secco per gas, si misura la quantità di gas fluita attraverso il contatore e quindi immessa nel terreno. Ultimata l'immissione del gas radioattivo, si chiude la perdita e si scarica nell'atmosfera, con una corrente di gas inattivo, il bromuro di metile rimasto nella tubazione. Si collega la tubazione ad una bombola di metano o propano e, dopo aver riaperto l'elettrovalvola, si inizia l'immissione del gas inattivo nel terreno.

Si esplora quindi, mediante lo scintillatore portatile, la superficie del terreno sovrastante la tubazione e si procede come nel caso delle prove orientative.

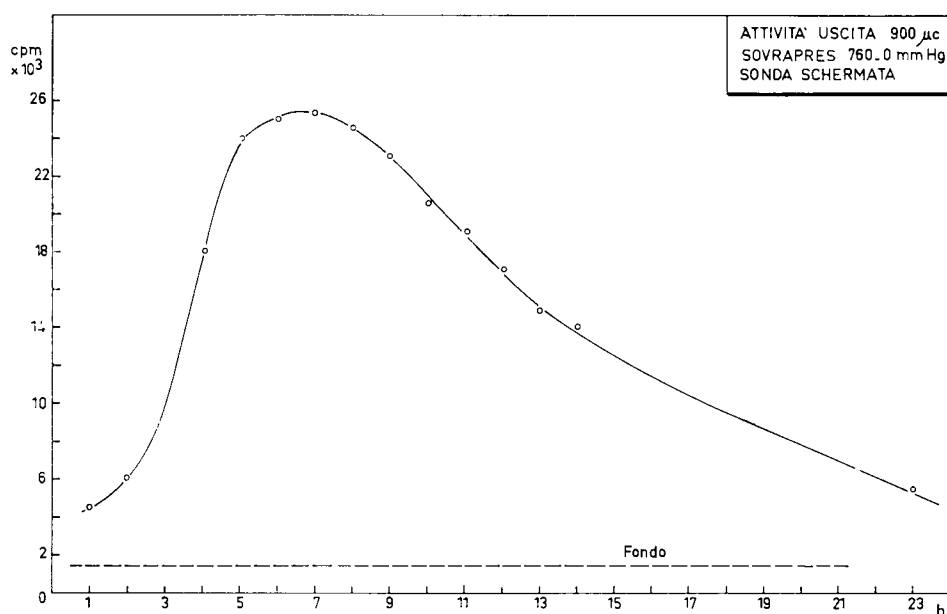


Fig. 12 — Prova n. 1

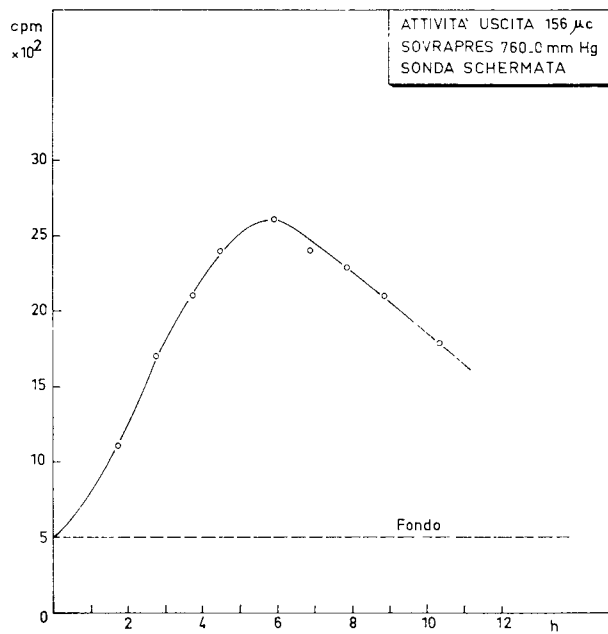


Fig. 13 — Prova n. 2

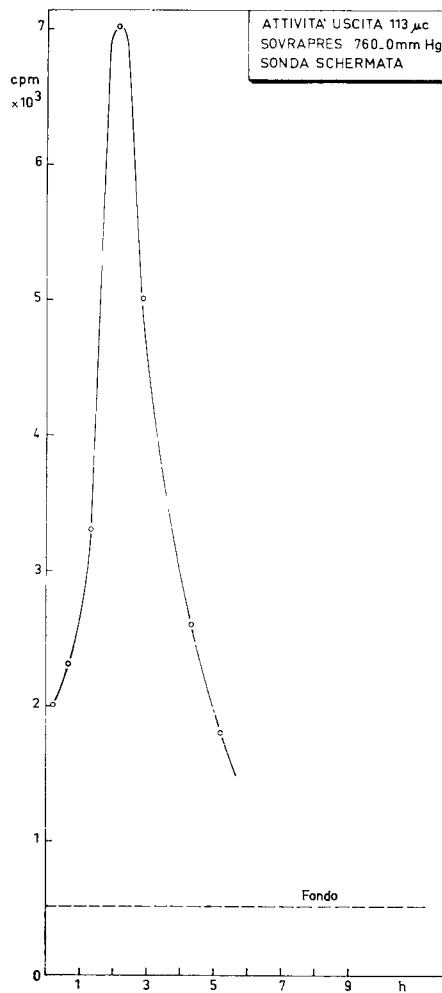


Fig. 14 — Prova n. 3



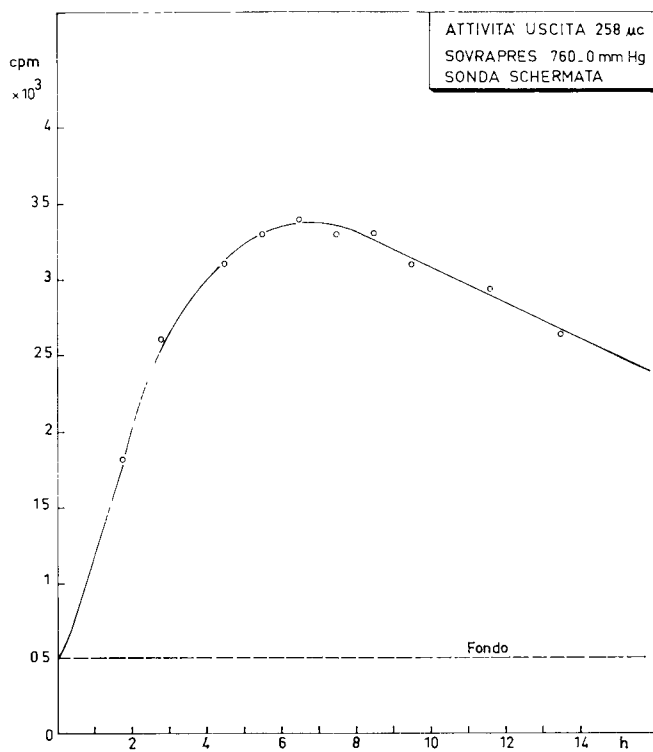


Fig. 15 — Prova n. 4

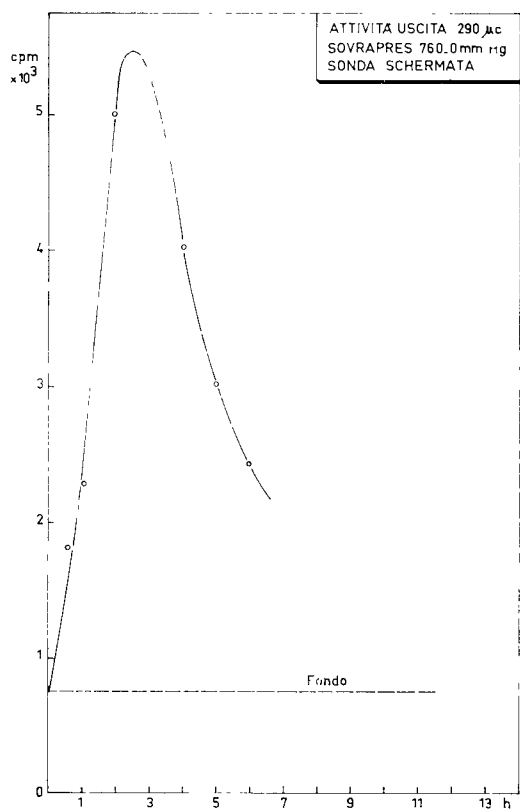


Fig. 16 — Prova n. 5

TABELLA IV

Prove orientative

Prova n.	Umidità terreno	Attività immessa nel terreno	Sovrappressione di immissione $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$ mm Hg	Sovrappressione di immissione gas inattivo mm Hg	Massimo dopo immissione ore	cpm netti nel punto di max	cpm max/ $\mu\text{C}$
1	8,5%	900	760→0	760→0	7	11 700	13
2	8,5%	156	760→0	760→0	6	2 100	13,4
3	15%	113	760→0	760→0	2	6 500	57
4	15%	258	760→0	760→0	7	2 900	11,2
5	15%	290	760→0	760→0 continuo	3	4 800	16,5

Nei diagrammi di Figg. 17-32 sono riportati i valori delle misure eseguite (espressi in cpm) in funzione del tempo trascorso dall'inizio dell'immissione del tracciante nel terreno. Il valore della radiazione di fondo non è uguale per tutte le esperienze poichè alcune di esse sono state eseguite con il terreno parzialmente contaminato in precedenti esperienze con  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$ : detto valore è comunque riportato nelle figure. Le misure sono state eseguite sia con la sonda schermata con 2 cm di piombo che con la sonda non schermata. Come si vede dai dati di Tabella V l'efficienza di rivelazione è superiore nel caso della sonda non schermata, per cui, anche tenendo conto del diverso valore della radiazione di fondo (rispettivamente 500 cpm per sonda schermata e 2 200 cpm per sonda non schermata) è più vantaggioso utilizzare la sonda non schermata poichè il rapporto segnale/fondo è superiore a quello della sonda schermata.

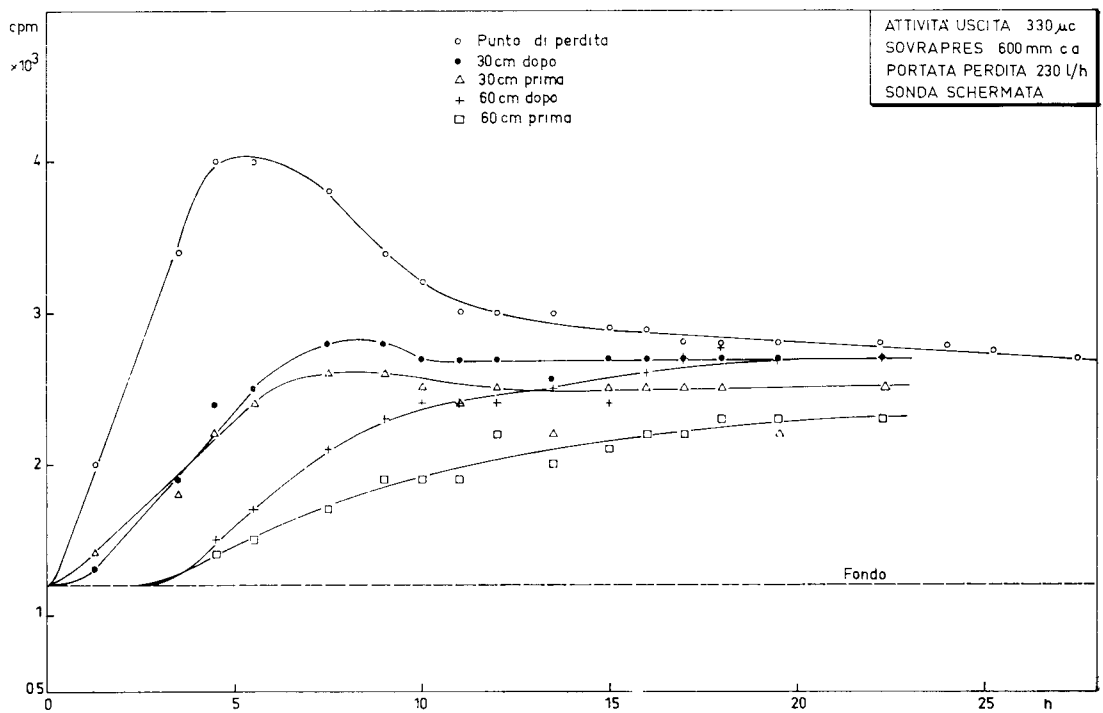


Fig. 17 — Prova n. 7

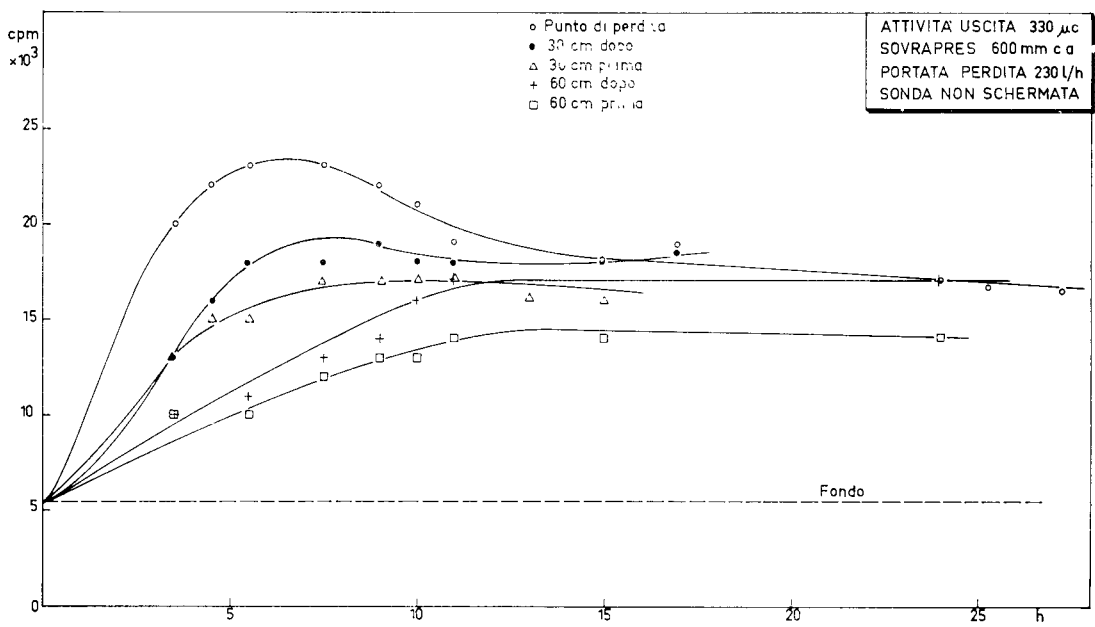


Fig. 18 — Prova n. 7

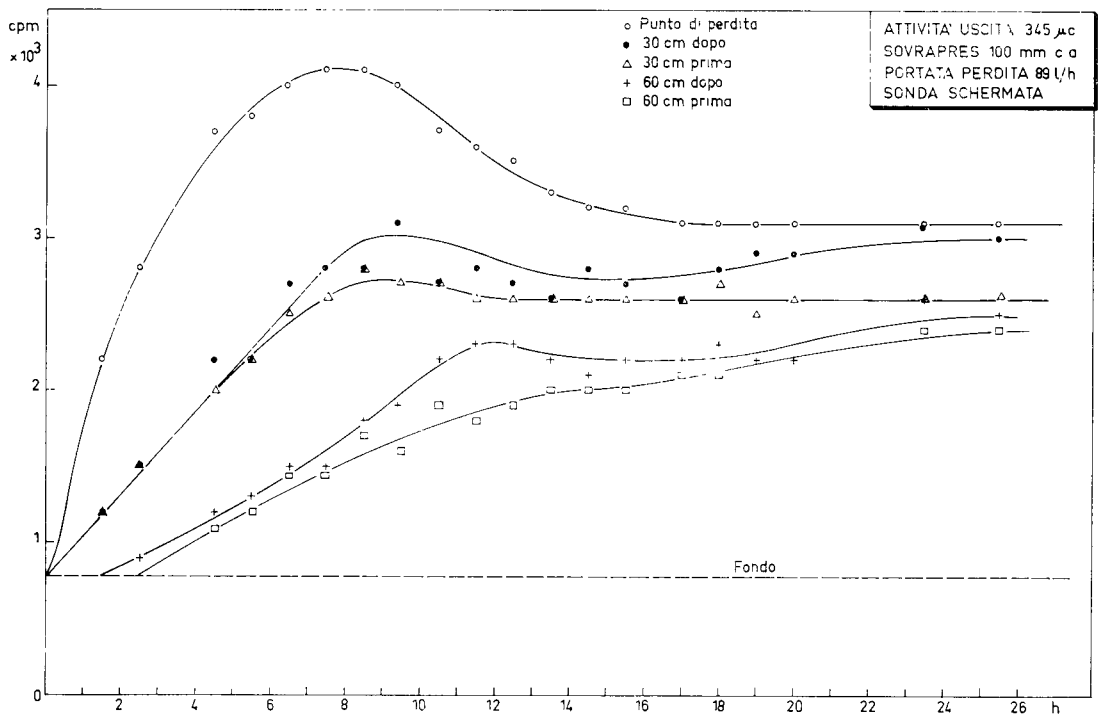


Fig. 19 — Prova n. 8

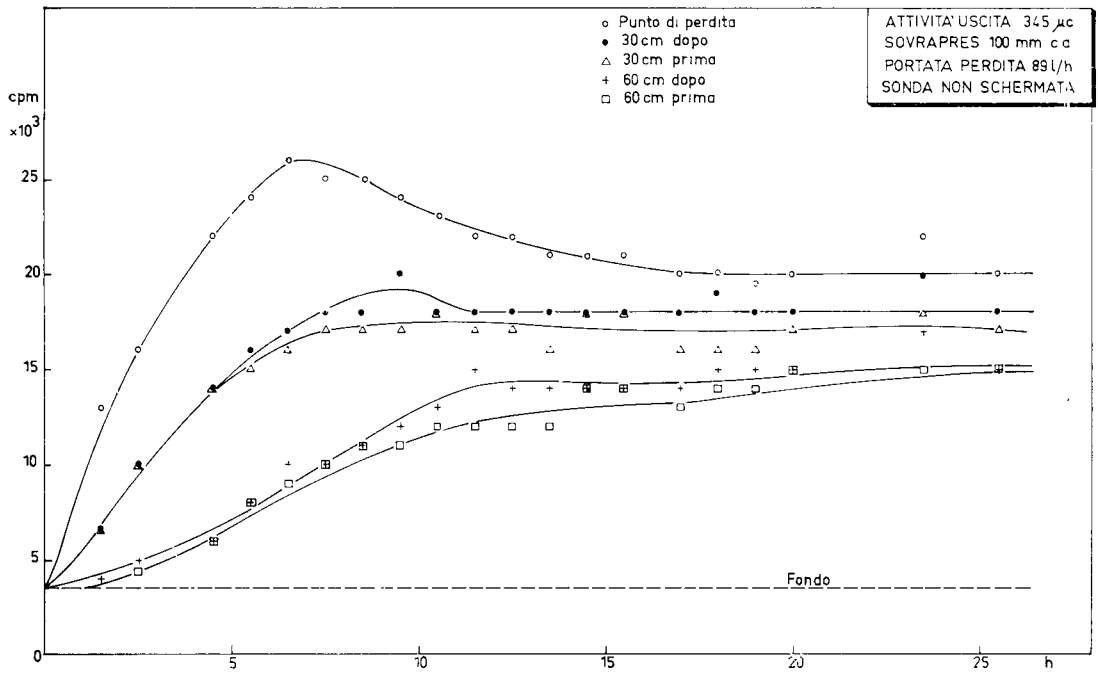


Fig. 20 — Prova n. 8

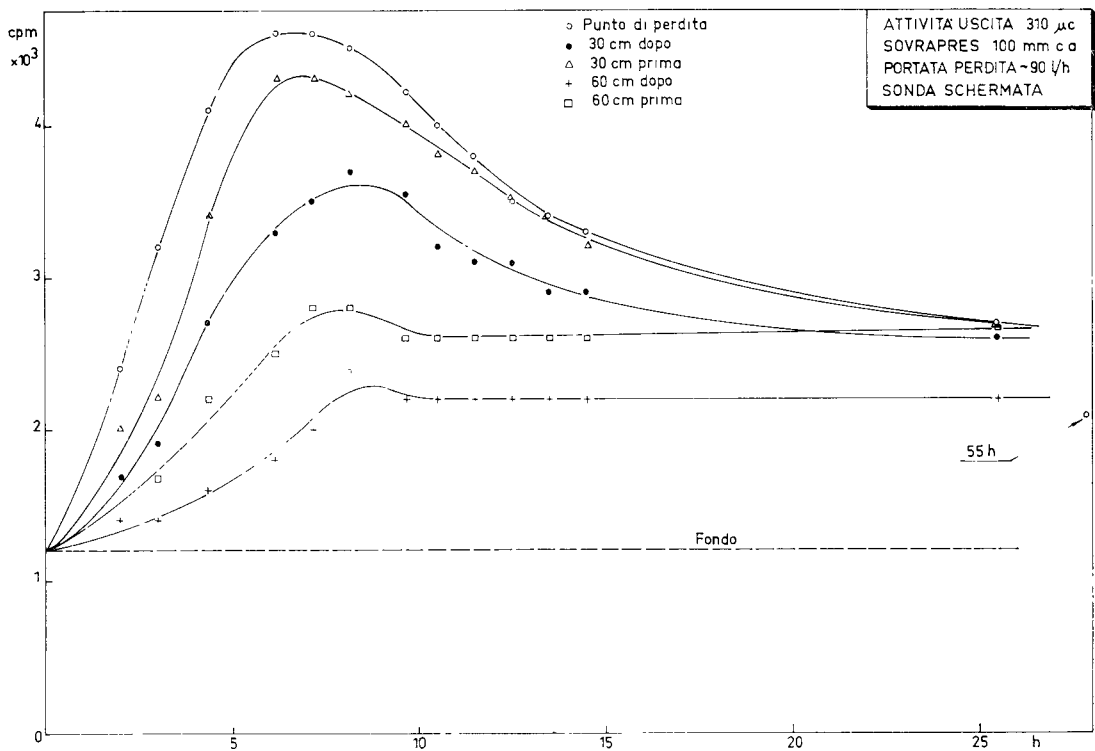


Fig. 21 — Prova n. 9

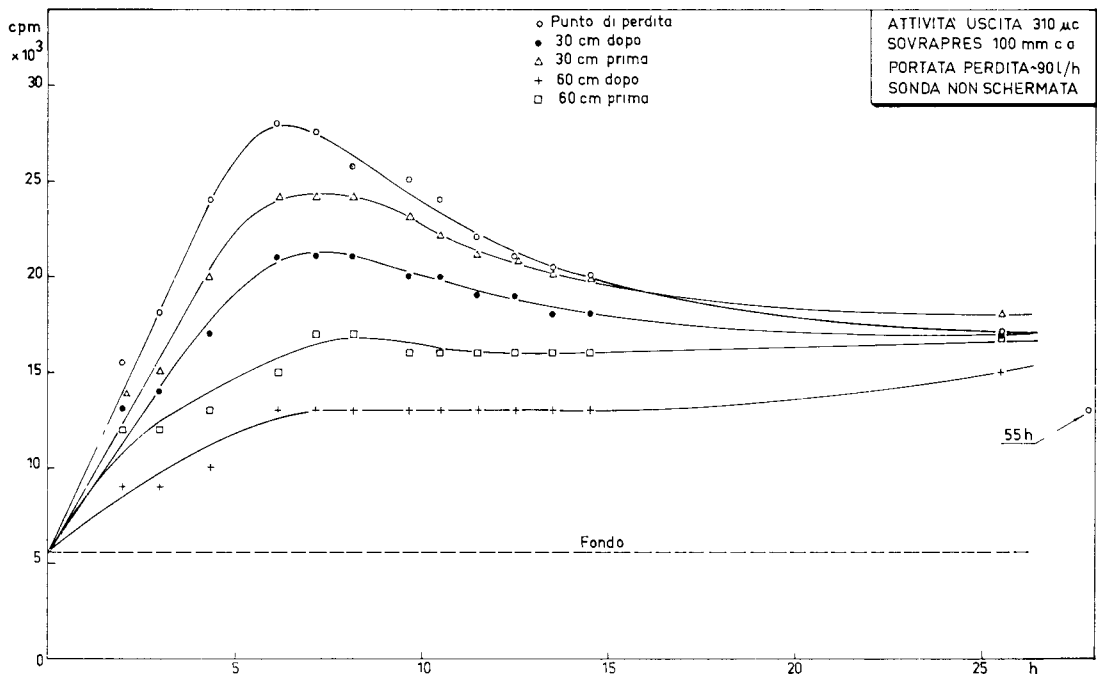


Fig. 22 — Prova n. 9

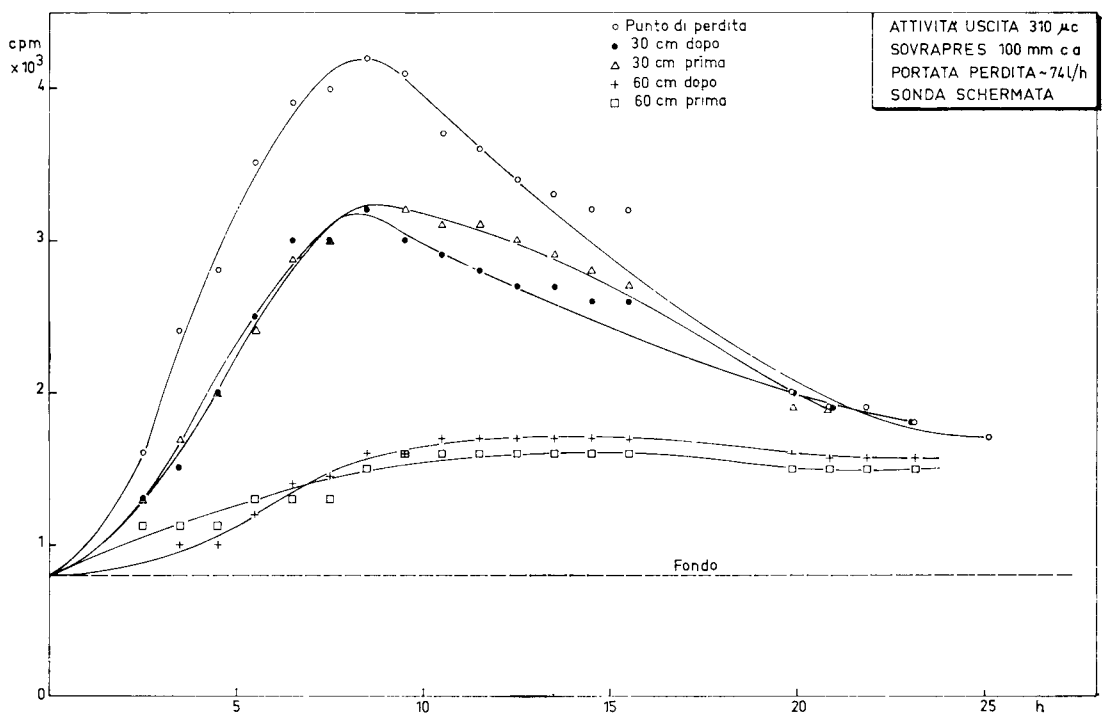


Fig. 23 — Prova n. 10

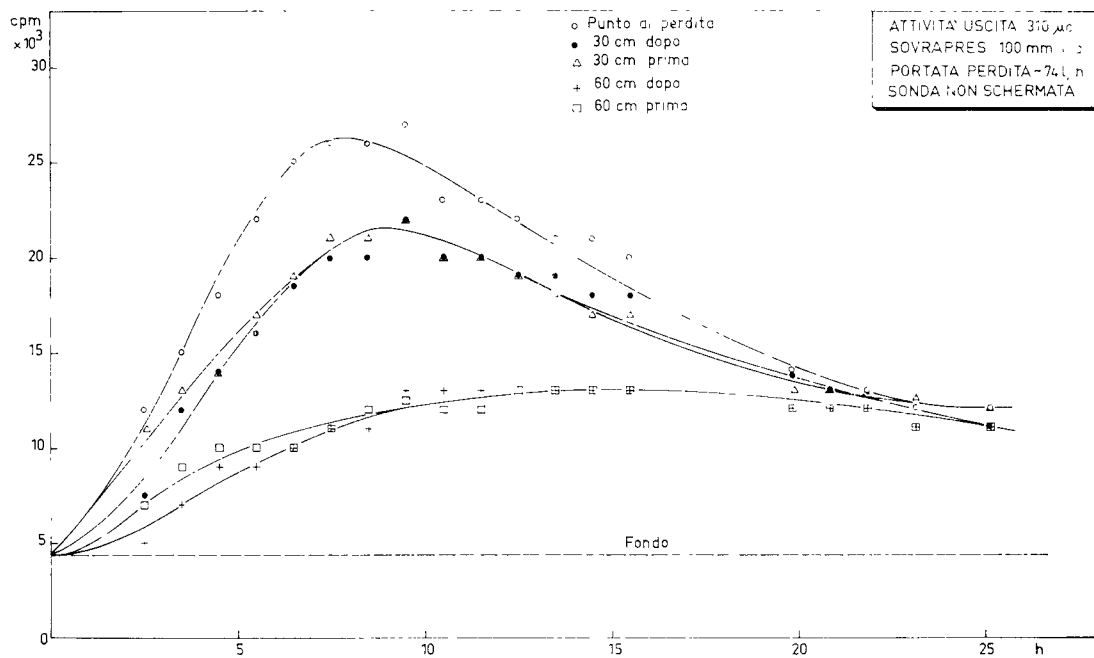


Fig. 24 — Prova n. 10

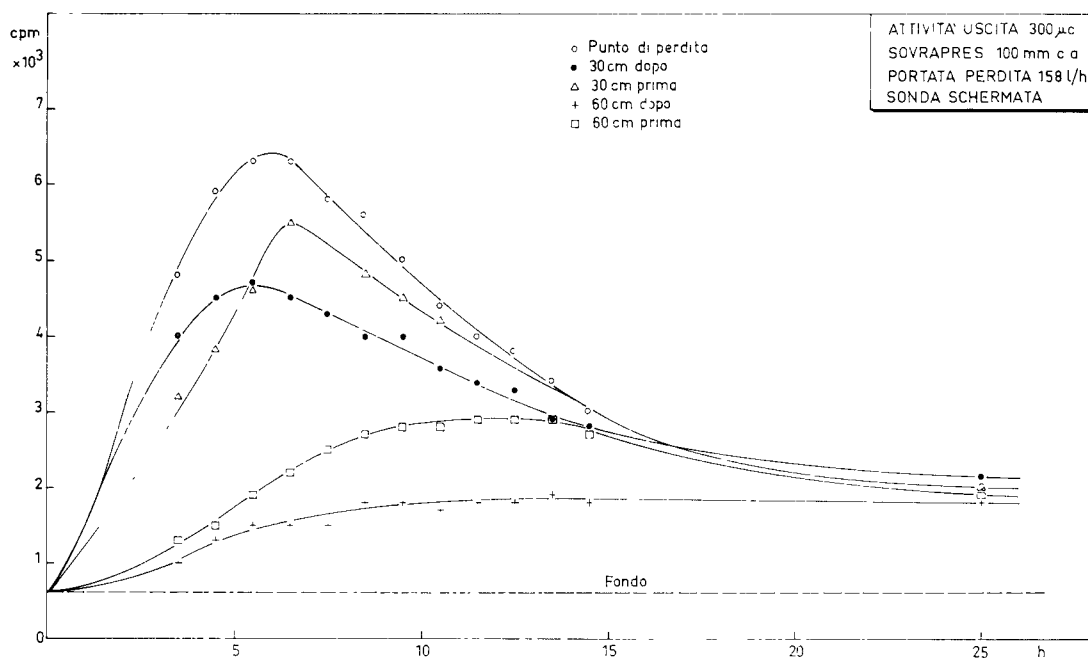


Fig. 25 — Prova n. 11

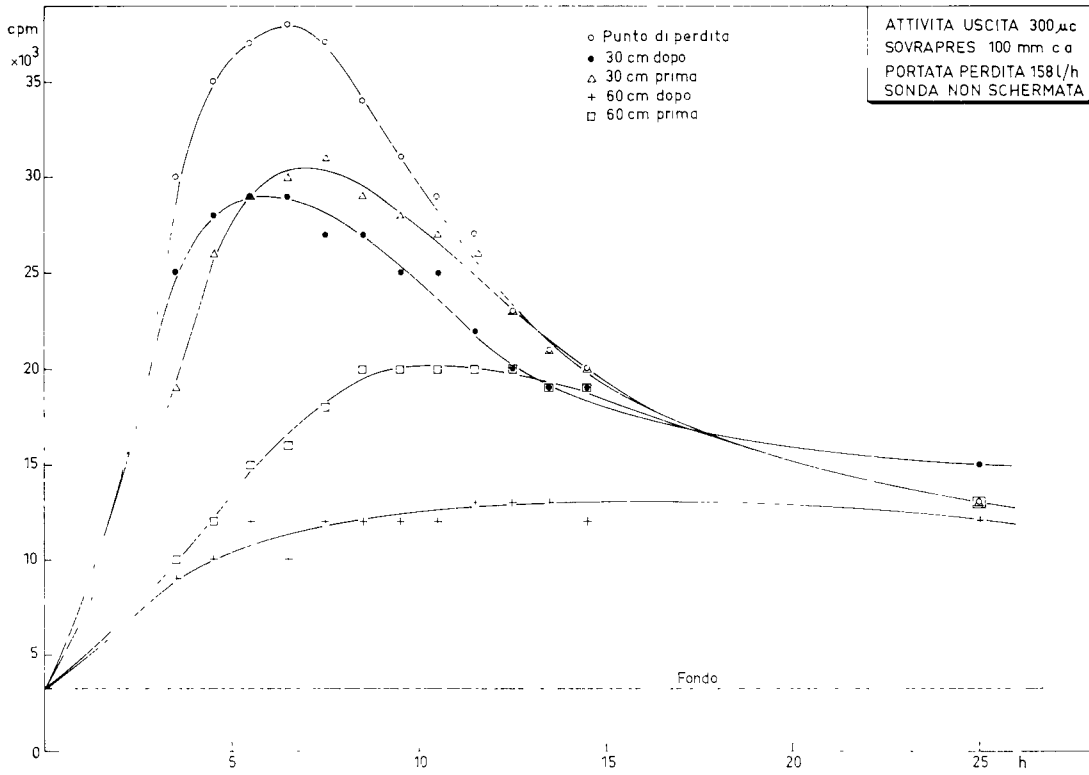


Fig. 26 — Prova n. 11

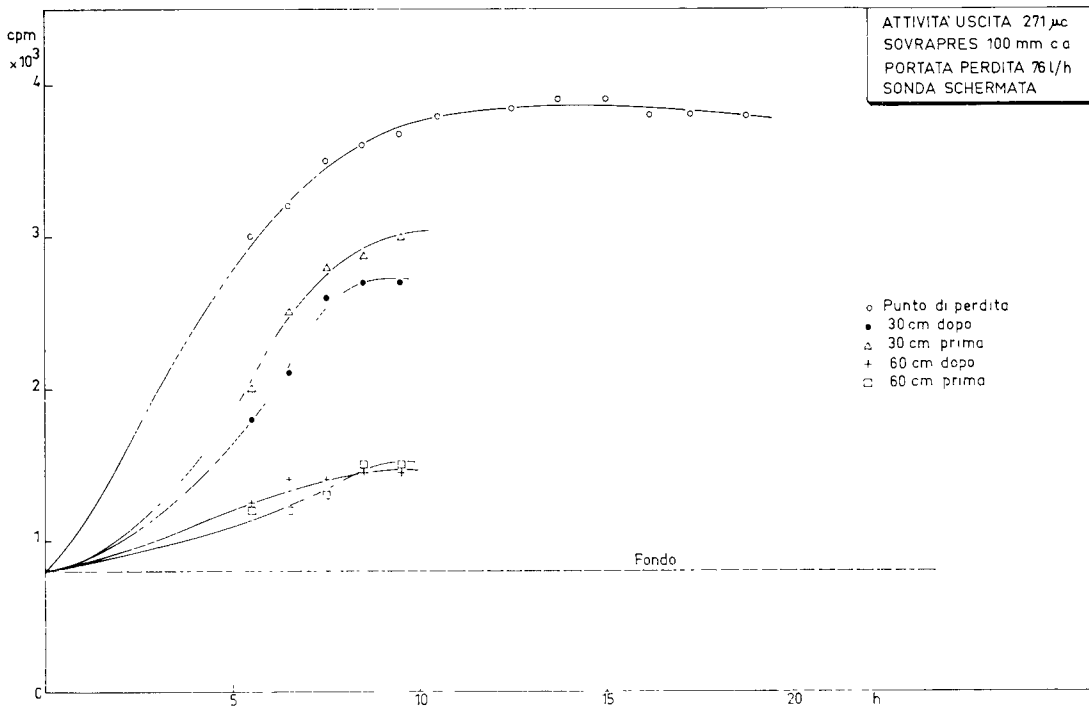


Fig. 27 — Prova n. 12

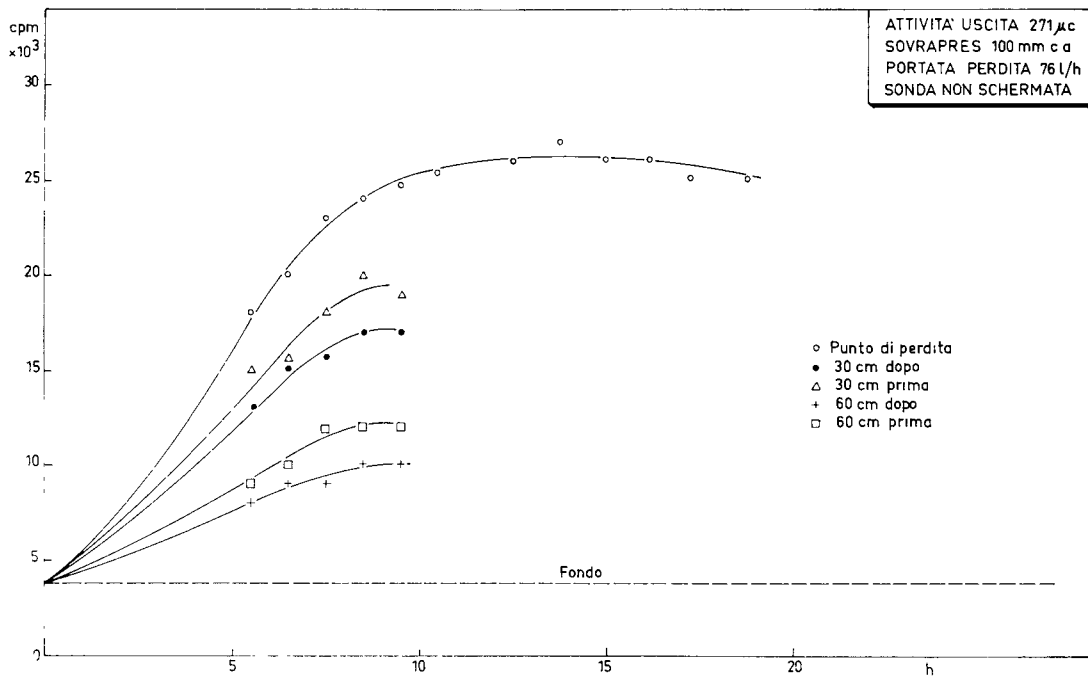


Fig. 28 — Prova n. 12

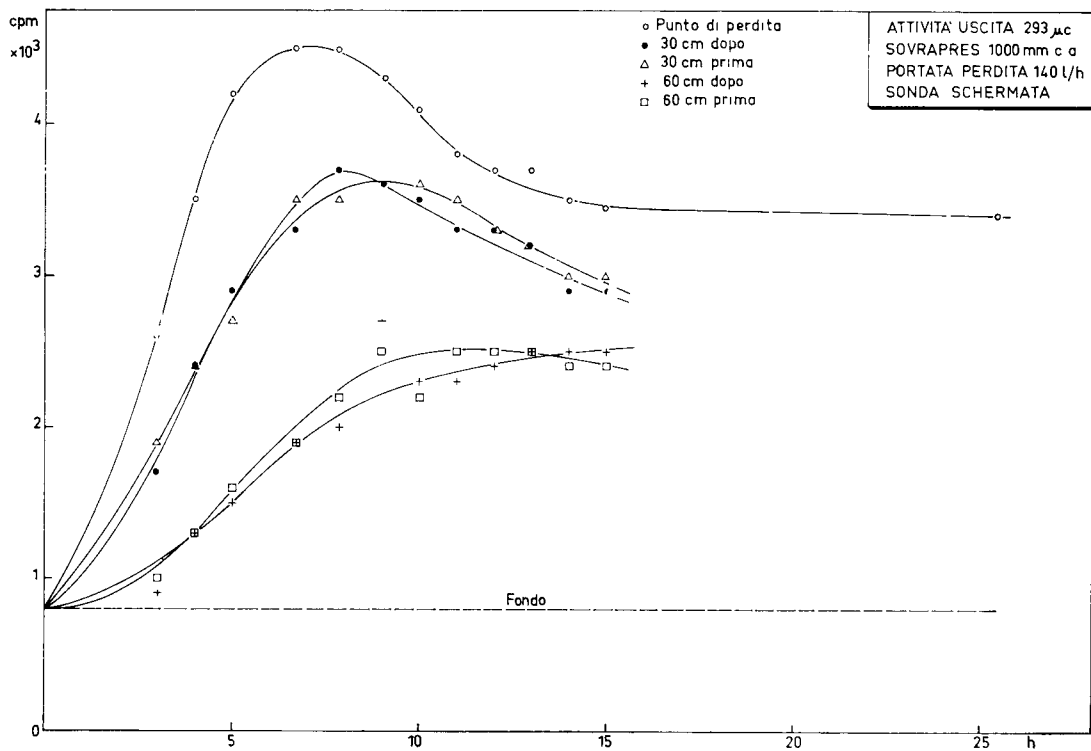


Fig. 29 — Prova n. 13



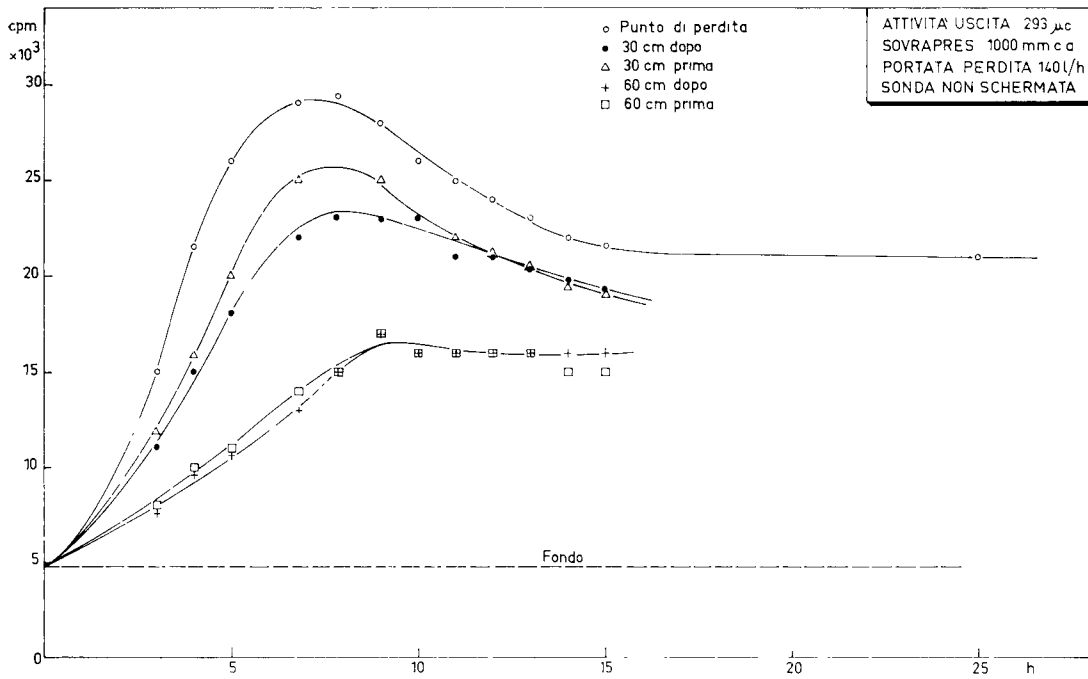


Fig. 30 — Prova n. 13

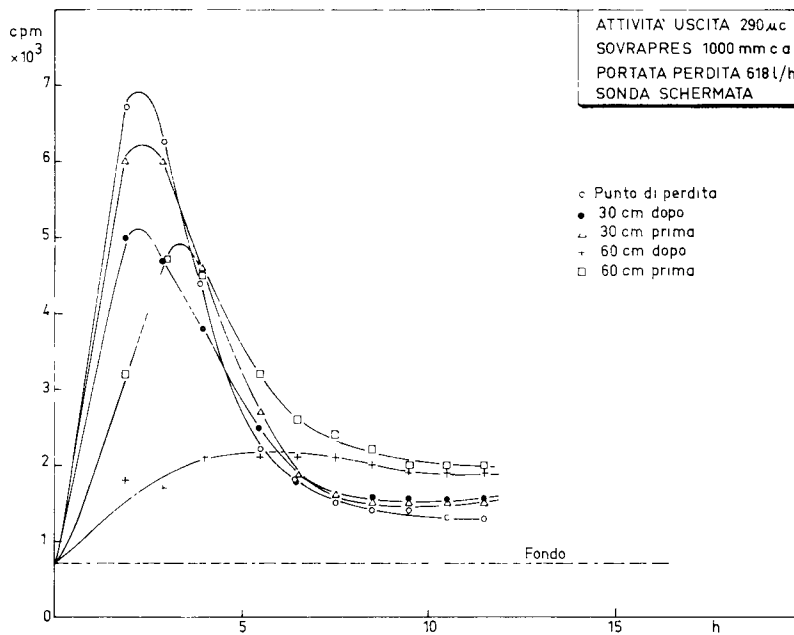


Fig. 31 — Prova n. 14

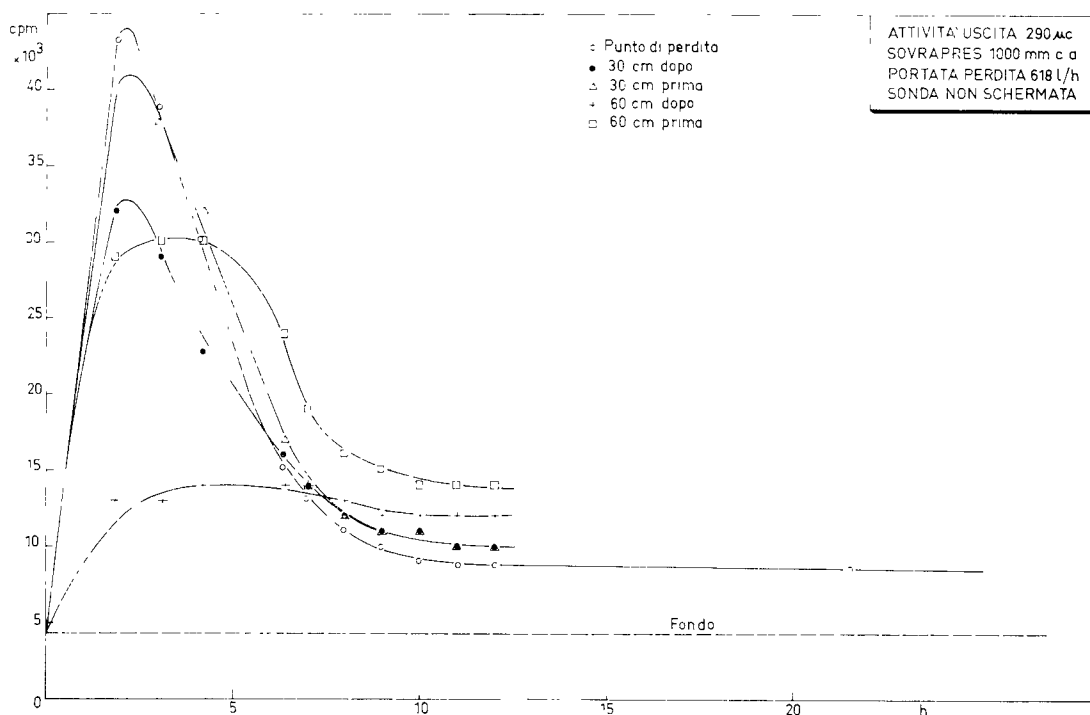


Fig. 32 — Prova n. 14

### 6.1.1 — Durata dell'immissione del $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$

Dall'esame di Tabella V si può notare che la durata dell'immissione del gas marcato non ha praticamente influenza sull'efficienza di rivelazione. Infatti il rapporto  $\text{cpm max}/\mu\text{C}$  relativo alle prove 7, 8, 9 (durata dell'immissione circa 20') è praticamente uguale a quello relativo alle prove 10 e 12 (durata dell'immissione circa 3 ore e 30').

Questo risultato è molto importante ai fini della ricerca, poichè, adottando il secondo sistema (immissione di durata relativamente lunga), si ha una migliore utilizzazione del tracciante. Infatti col primo sistema, che dati i brevi tempi di soggiorno si avvicina in pratica al metodo detto del « pacchetto » o onda radioattiva, la maggior parte del tracciante viene scaricata nell'atmosfera e quindi non è utilizzata, mentre con il secondo la maggior parte del tracciante viene immessa nel terreno.

### 6.1.2 — Portata e pressione

Per quanto riguarda la dipendenza dell'efficienza di rivelazione dalla pressione nella tubazione e dall'entità della fuga, dai risultati ottenuti (riportati nella Tabella VI) si deduce che l'influenza della pressione per i valori presi in considerazione (100 e 1 000 mm c. d'a) è del tutto trascurabile. La dipendenza dell'efficienza di rivelazione dalla portata delle fughe risulta dalle Figure 33 e 34. Si è anche verificato che con l'aumentare della portata della fuga diminuisce il tempo necessario per ottenere il segnale massimo (Figura 35).

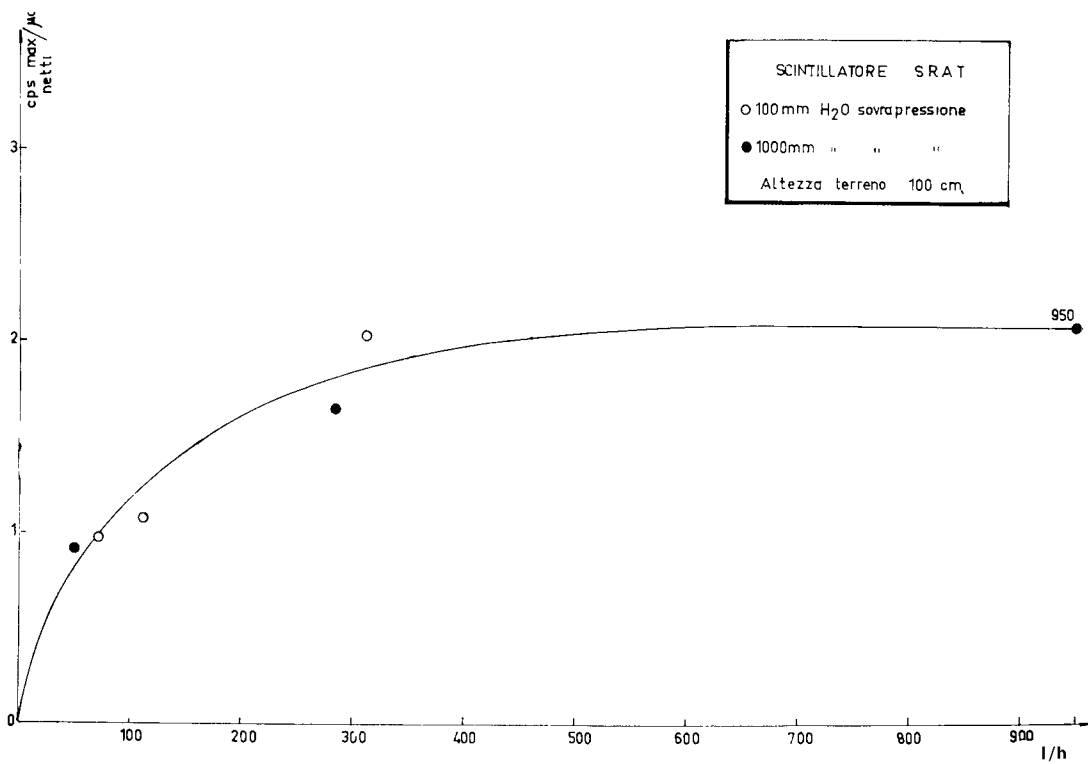


Fig. 33 — Efficienza di rivelazione in funzione della portata

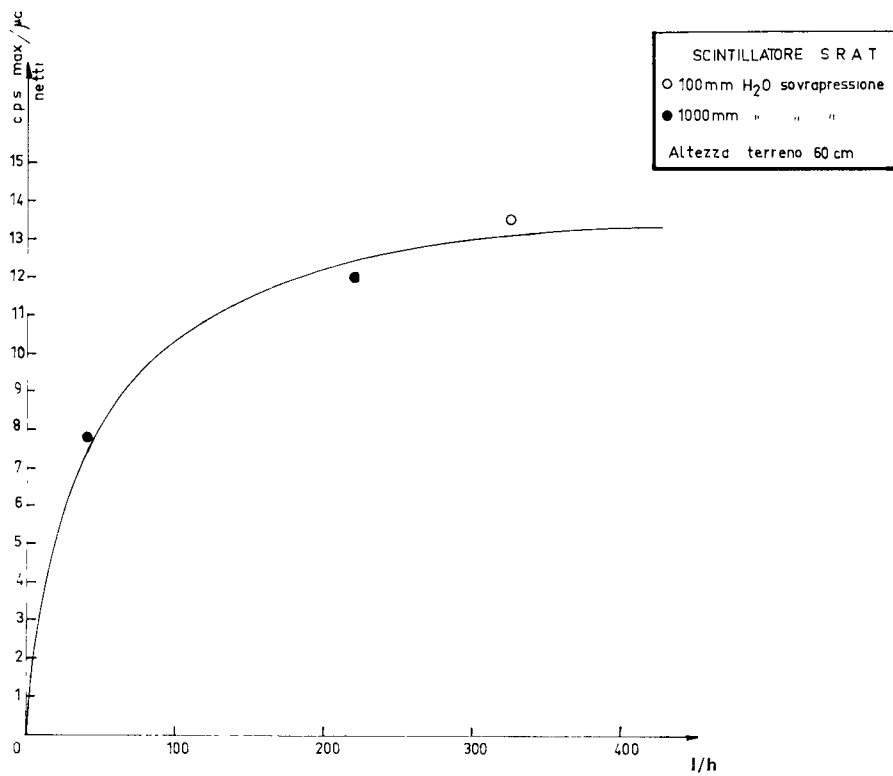


Fig. 34 — Efficienza di rivelazione in funzione della portata

TABELLA V

*Prove relative all'efficienza di rivelazione in funzione di diversi parametri*

Prova n.	Durata immissione CH <sub>3</sub> Br	Umidità terreno	Portata fuga l/h ( $\phi$ foro mm)	Attività immessa nel terreno $\mu$ C	Sovrapressione di immissione CH <sub>3</sub> Br mm c.a.	Sovrapressione di immissione gas inatt. mm c.a.	Massimo dopo immissione CH <sub>3</sub> Br ore	cpm netti nel punto di max	cpm max/ $\mu$ C	
									sonda schermata	sonda non schermata
7	26' discontin.	15%	230 (0,5)	330	150—0	600	5	2 900	8,8	53
8	18' discontin.	13%	89 (0,5)	345	130—0	100	8	3 400	9,9	65
9	20' continua	8%	90 (0,5)	310	100	100	7	3 400	11	72
10	3 h 30' continua	8%	74 (0,5)	310	100	100	8,5	3 400	11	72
11	2 h 20'	15%	158 (1,5)	300	100	100	6	5 800	19,3	116
12	3 h 54'	15%	76 (0,5)	271	100	100	14	3 000	11	84
13	2 h 32'	14%	140 (1)	293	1 000	1 000	7	3 700	12,6	86
14	1 h 55'	12%	618 (1,5)	290	1 000	1 000	2	6 000	20,7	137

IABELLA VI

Prove relative all'efficienza di rivelazione in funzione di vari parametri (\*)

Prova n.	Durata immissione CH <sub>3</sub> Br	Portata fuga l/h (φ foro mm)	Attività immessa nel terreno (μC)	Sovrapressione gas nella tubazione (mm c.a.)	Massimo dopo immissione tracciante (ore)	cps netti punto di max (SRAT)	cps/μC (SRAT)	cpm/μC Victoreen non schermato
15	3 h 15'	69 (0,5)	290	100	8	285	0,98	37
16	2h	110 (0,5)	296	100	7	320	1,08	39
17	1 h 30'	313 (1,5)	318	100	6	650	2,04	60
18	2 h 50'	54 (2)	280	900	9	255	0,91	34
19	1 h 47'	284 (0,5)	300	900	6	500	1,66	48
20	1 h 08'	951 (1,5)	315	900	5	640	2,1	62
21	1 h 35'	320 (1,5)	253	100	2	3 420	13,5	300
22	2h	40 (2)	210	900	4-5	1 640	7,8	235
23	1 h 05'	216 (0,5)	350	900	1	4 200	12	280

(\*) Nelle esperienze 15-20 lo spessore dello strato di terreno è di 100 cm.  
Nelle esperienze 21-23 lo spessore è di 60 cm.

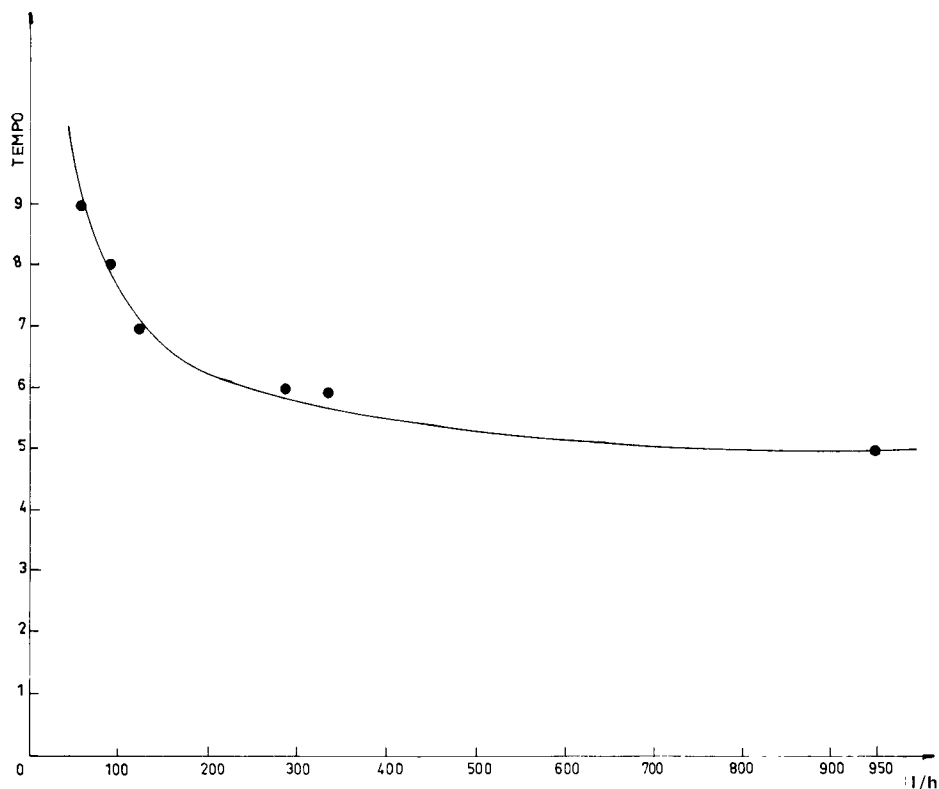


Fig. 35 — Tempo necessario per ottenere il segnale massimo di fuga, in funzione della portata della fuga, nelle esperienze i cui dati sono riportati in tab. I

### 6.1.3 — Umidità

L'umidità del terreno, almeno nei limiti presi in considerazione (8-15%) non ha influenza sull'efficienza di rivelazione.

Non è stato possibile prendere in considerazione un maggiore intervallo di umidità poichè il tipo di terreno utilizzato è già saturo con il 15% di acqua; l'8% di acqua è stato ottenuto lasciando essiccare naturalmente il terreno nel cassone. Le misure di umidità sono state effettuate per pesata ed essiccazione in stufa (100°C).

Poichè l'umidità media di un terreno si aggira sul 13%, le esperienze effettuate sono sufficientemente indicative.

### 6.2 — Efficienza in fusione della natura, compattezza e spessore del terreno sovrastante la tubazione

Le esperienze relative allo studio della dipendenza dell'efficienza di rivelazione dalla natura, compattezza e spessore del terreno sono state eseguite utilizzando una tubazione posta in un cunicolo in cemento armato ed interrata a diverse profondità in terreni di natura differente.

La tubazione è dotata di 6 punti di fuga, dei quali due in terreno sabbioso, due in terreno argilloso e due in terreno calcareo. Per ciascun tipo di terreno i due punti di fuga sono situati uno ad 1 m di profondità e l'altro a 60 cm. La compattezza del terreno è di valore medio e si ottiene comprimendo con pestelli a mano, di volta in volta, strati dello spessore di 10-20 cm.

Le esperienze sono state eseguite facendo fluire nella tubazione una miscela  $\text{CH}_4\text{—CH}_3\text{Br}^{82}$  fino a che questa ultima ha sostituito l'aria nella tubazione. Si chiude quindi il rubinetto di scarico e si mantiene la tubazione in pressione (100 o 1 000 mm c. d'a.) per 3-4 ore controllando la portata totale delle fughe con un contatore per gas. La portata delle singole fughe viene determinata prima di ogni singola esperienza e ricontrollata al termine della medesima.

Si lava quindi la tubazione con gas inattivo e la si mantiene in sovrappressione con quest'ultimo fino al termine della esperienza. Mediante lo scintillatore portatile si esplora la superficie del terreno sovrastante le fughe e si individua il punto dove il segnale è massimo.

Si sono eseguite 9 esperienze i cui risultati sono riportati nelle Tabelle VIIa e VIIb. Le prove 1-2-3-4 sono state effettuate senza rimuovere il terreno sovrastante le fughe, mentre per le prove 5-6-7-8-9 il terreno è stato rimosso e quindi riposto sulla tubazione, avendo cura di costiparlo in modo tale da avere sempre la medesima densità apparente. Infine per la prova n. 8 si è utilizzato per la compressione un pestello meccanico, ottenendo una compattezza del terreno notevole.

Dall'esame delle Tabelle VIIa e VIIb si osserva che, generalmente, l'efficienza di rivelazione più bassa è quella relativa alla sabbia.

Le maggiori efficienze di rivelazione, riscontrate nei terreni calcarei ed argillosi, sono presumibilmente dovute alla presenza, nei due tipi di terreno, di agglomerati compatti che favoriscono la formazione di vie preferenziali attraverso le quali il gas contenente  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$  sale facilmente verso la superficie. Ciò è confermato anche dalle seguenti osservazioni :

- a) le notevoli variazioni di efficienza di rivelazione riscontrate nelle varie prove e non dovute, come nel caso della sabbia alle variazioni di portata delle fughe (prove 2-3 Tabella VIIa e 8-9 di Tabella VIIb);
- b) le zone del terreno dove il segnale del rivelatore è massimo, nel caso del terreno calcareo e argilloso, non sono mai sulla verticale esatta della perdita;
- c) l'efficienza di rivelazione relativa alle fughe sottostanti lo strato argilloso di 60 cm è inferiore, salvo un caso, a quella relativa alla fuga sottostante lo strato di 100 cm;
- d) nella prova n. 8 (terreno notevolmente compresso) ad eccezione della sabbia, non si è riscontrata attività alla superficie del terreno, ma sulle pareti in muratura delimitanti le zone di terreno.

Si può quindi dedurre, a conclusione di questa serie di prove, che l'efficienza di rivelazione dipende, più che dalla composizione e dalla compressione (ved. prova n. 8) del terreno, dalla granulometria del medesimo e dalla presenza di eterogeneità o di agglomerati compatti che influiscono sulla permeabilità del terreno al gas fuoruscito dalla fuga.

Per quanto riguarda lo spessore dello strato di terreno, a causa delle menzionate vie preferenziali, non è possibile stabilire un rapporto tra l'efficienza di rivelazione per tubazioni interrata a 60 cm e quelle interrata ad 1 metro. Tuttavia, in generale, tralasciando il caso del terreno argilloso, come si può vedere dalle Tab. VIIb l'efficienza di rivelazione per una tubazione interrata a 60 cm è superiore per un fattore compreso tra 3 e 6, a quella di una tubazione interrata a 100 cm.

### 6.3 — Efficienza di rivelazione in funzione della ubicazione delle fughe

Su tratti di tubazione di  $\phi$  100 mm ed interrati ad 1 metro di profondità in un terreno di riporto mediamente argilloso e privo di eterogeneità, si sono effettuate alcune prove con fughe variamente ubicate (zona superiore, laterale ed inferiore della tubazione).

TABELLA VIIa

Prove relative all'efficienza di rivelazione in funzione della natura e compattezza del terreno. Altezza terreno 100 cm

Prova n.	Sovrapresione del gas nella tubazione mm c.a.	SABBIA						CALCARE						ARGILLA					
		Umidità	Fuga l/h	Attività immessa nel terreno $\mu C$	c.p.s. max	$\frac{c.p.s.}{\mu C}$	max ore	Umidità %	Fuga l/h	Attività immessa nel terreno $\mu C$	c.p.s. max	$\frac{c.p.s.}{\mu C}$	max ore	Umidità %	Fuga l/h	Attività immessa nel terreno $\mu C$	c.p.s. max	$\frac{c.p.s.}{\mu C}$	max ore
1	130	7	38	172	335	1,95	9,5	21	46	208	1 515	7,28	6,5	17	49	222	1 015	4,58	5
2	130	6	38	238	465	1,95	12	19	47	295	1 320	4,47	5,5	18	49	306	1 115	3,76	5
3	950	8	99	184	780	4,23	7	19	138	256	1 390	5,43	4	16	110	206	1 530	7,42	2
4	950	8	99	226	650	2,88	7,5	19	138	287	1 480	5,16	3	15	110	253	1 550	6,13	2
5	135	10	40	160	335	2,1	11	18	50,6	202	2 000	9,4	2	14	35	140	1 305	8,1	4,5
6	135	10	30	215	475	2,21	11	18	50	355	2 810	7,8	4	13	372	266	2 680	10	4
7	135	3,8	42	345	390	1,13	12	15	46,8	385	930	2,4	12	13	24	198	3 180	16	3
8	300	3	57	427	450	1,05	12	13	84	630	—	—	—	11	63	472	500	1,06	13-24
9	200	3,2	47	283	310	1,1	10	12	85	512	470	0,9	8	8	34	205	2 500	12,1	4



TABELLA VIIb

Prove relative all'efficienza di rivelazione in funzione della natura e compattezza del terreno. Altezza terreno 100 cm

Prova n.	Sovrapresione del gas nella tubazione mm c.a.	SABBIA						CALCARE						ARGILLA					
		Umidità %	Fuga l/h	Attività immessa nel terreno $\mu\text{C}$	c.p.s. max	c.p.s. $\frac{\mu\text{C}}{\text{ore}}$	max ore	Umidità %	Fuga l/h	Attività immessa nel terreno $\mu\text{C}$	c.p.s. max	c.p.s. $\frac{\mu\text{C}}{\text{ore}}$	max ore	Umidità %	Fuga l/h	Attività immessa nel terreno $\mu\text{C}$	c.p.s. max	c.p.s. $\frac{\mu\text{C}}{\text{ore}}$	max ore
1	130	7	75	339	2 915	8,65	4	19	59	267	7 915	29,6	3,5	17	56	254	815	3,2	8
2	130	7	75	468	3 915	8,4	5,5	19	59	369	6 915	18,7	4	15	56	360	1 115	3,2	10
3	925	7	201	372	4 350	11,7	2	19	160	298	4 880	16,4	2	14	116	215	350	1,63	6
4	950	8	201	460	4 300	9,35	2	20	160	366	5 380	14,7	2,5	14	116	266	680	2,56	4
5	135	9	53,6	214	2 770	6,6	5,5	20	54	316	1 905	8,7	6,5	15	54	216	2 200	10,2	4,5
6	135	21	58,8	420	2 800	13,1	5	21	60,5	435	6 400	14,7	5	14	40,2	287	2 700	9,4	7
7	135	5	49,2	405	2 880	7,1	7	17	48	395	4 180	10,6	6	11	48	395	5 390	13,6	4
8	300	5	21	157	600	3,8	7	14	54	385	—	—	—	8	54	385	—	—	—
9	200	4,5	12	72	280	3,9	8	12	25	148	870	5,8	8	6	89	535	5 900	11	3

Dall'esame della Tab. VIII, in cui sono riportati i risultati delle prove effettuate, risulta che l'efficienza di rivelazione per le fughe situate nella zona inferiore è all'incirca la stessa di quella delle fughe situate nella zona laterale. Per quanto riguarda invece le fughe situate nella zona superiore sembra che l'efficienza di rivelazione sia leggermente superiore a quella degli altri due casi. Sussiste però il dubbio che, trattandosi di terreno rimosso da poco, la presenza in alcuni casi di vie preferenziali abbia influito sull'efficienza di rivelazione.

TABELLA VIII

*Prove relative all'efficienza di rivelazione in funzione dell'entità e della ubicazione delle fughe  
(spessore terreno : 100 cm)*

Prova n.	Ubicazione fughe	Portata fuga (l/h)	Attività immessa nel terreno ( $\mu\text{C}$ )	Pressione gas nella tubazione (mm c. a.)	Massimo dopo immissione tracciante (ore)	cps netti nel punto di massimo (SRAT)	cps/ $\mu\text{C}$ immessi nel terreno
1	Sopra il tubo	81	521	135	24	470	0,9
	»	21	134		18	920	7
	»	69	444		19	990	2,2
2	Sopra il tubo	25	138	130	13	1 220	8,8
	»	25	138		21	480	3,5
	»	35	192		21	160	0,8
	»	40	221		12	280	1,3
	»	125	406		8	3 500	8,6
3	Sopra il tubo	48	930	130	20	1 200	1,3
	»	19	368		24	140	0,4
	»	35	680		20	240	0,4
	»	48	930		24	2 900	3,1
	»	69	1 340		24	2 400	1,8
	»	111	2 150		23	4 800	2,2
4	Laterale	76	219	120	20	60	0,3
	Sotto il tubo	79	227		16	110	0,5
	»	66	190		20	80	0,4
	»	54	155		11	1 100	7,1
5	Laterale	66	359	120	21	120	0,3
	»	76	412		21	570	1,3
	»	46	250		22	130	0,5
	Sotto il tubo	79	428		22	220	0,5
	»	80	435		22	45	0,1
	»	66	358		21	210	0,6
	»	54	294		17	520	1,7
6	Laterale	66	614	130	26	380	0,6
	»	76	706		32	1 700	2,4
	»	46	427		29	370	0,9
	Sotto il tubo	79	734		28	2 300	3,1
	»	80	744		29	210	0,3
	»	66	614		29	1 600	2,6
	»	54	502		32	2 300	4,6

## 7 — PROVE SU TUBAZIONI IN ESERCIZIO POSTE TEMPORANEAMENTE FUORI SERVIZIO

Le esperienze di ricerca fughe su tratti di tubazioni in esercizio e poste fuori esercizio per la durata dell'esperienza sono state condotte nel modo seguente : dopo aver sezionato il tratto in esame, si immette mediante l'attrezzatura descritta in 3.4 il tracciante radioattivo nella tubazione e contemporaneamente si accende una « candela » collegata alla parte terminale della tubazione. Quando il gas marcato raggiunge la candela si chiude il rubinetto di scarico e si continua a mandare gas radioattivo nella tubazione fino a che si raggiunge la pressione stabilita. Si mantiene questa pressione per 3-4 ore immettendo altro gas radioattivo per sopperire a quello che fuoriesce nel terreno attraverso i punti di perdita.

Si apre quindi lo scarico e si lava la tubazione con gas inattivo. Quando nella candela non si rileva più presenza di gas radioattivo, si può ripristinare la tubazione. Operando in tal modo la tubazione rimane fuori servizio per 6-7 ore.

Si passa quindi ad esplorare con lo scintillatore portatile, il terreno sovrastante la tubazione; il massimo di attività si ha dopo circa 8-12 ore dall'inizio dell'esperienza.

Per i primi 4 tratti di tubazione esaminati è stato determinato, il valore di ogni singolo punto di fuga. Si è potuto così calcolare il valore dell'efficienza di rivelazione che risulta compreso tra 0,2 e 0,5 cps/ $\mu$ C. Questo valore è molto più significativo di quelli ottenuti nelle esperienze con tubazioni appositamente attrezzate poichè le condizioni del terreno sono effettivamente quelle che si riscontrano in pratica.

Per gli altri 5 tratti di tubazione, data la notevole lunghezza, non era possibile tenerli fuori servizio che per qualche ora durante la notte, e non è stato possibile determinare il valore di ciascun punto di fuga.

### 7.1 — Dati riguardanti le singole prove su tubazioni poste fuori esercizio

1 — Asti — Via del Santuario

Lunghezza : 300 metri

Diametro : 50 mm

Materiale : ghisa, ferro, piombo

Terreno : argilloso-sabbioso con eterogeneità

Sovrapressione : 130 mm c. d'a.

Su questo tratto di tubazione sono state effettuate 2 prove con diversa attività specifica, onde poter mettere in evidenza la possibilità di rivelare fughe di piccola entità.

1<sup>^</sup> Prova : attività specifica : 2,2  $\mu$ C/l.; durata immissione : 3,7 ore.

Trovata una sola fuga con 370 cps netti.

2<sup>^</sup> Prova : attività specifica : 7,5  $\mu$ C/l.; durata iniezione : 3,2 ore.

Trovati 4 punti di fuga (3 oltre a quello già trovato con la 1<sup>a</sup> Prova) con i seguenti valori : fuga n. 1 : 1170 cps, n. 2 : 120 cps, n. 3 : 180 cps, n. 4 : 8000 cps.

Le caratteristiche delle singole fughe sono le seguenti :

fuga n. 1 : 250 l/h, profondità 50 cm, rottura nel tubo di ghisa;

fuga n. 2 : 12 l/h, manicotto che perde;

fuga n. 3 : giunto che perde;

fuga n. 4 : tratto di colonna montante in piombo con foro a circa 15 cm sotto l'acciottolato.

Le efficienze di rivelazione che si possono calcolare sono le seguenti :

fuga n. 1 : (0,18 1<sup>a</sup> Prova, 0,2 2<sup>a</sup> Prova);

fuga n. 2 : 0,41;

fuga n. 3 : 0,47;

fuga n. 4 : 28 (inconsueta, dovuta alla minima profondità).

2 -- Asti — Via delle Quaglie.

Lunghezza : 120 metri

Diametro : 50 mm

Materiale : ghisa

Profondità : 70-80 cm

Terreno : argilloso

Sovrapressione : 480 mm c. d'a.

Attività specifica : 13  $\mu\text{C}/\text{l}$ .; durata immissione : 3,5 ore.

Trovati 2 punti di fuga.

Fuga n. 1 : 54 l/h; 450 cps netti; 0,18 cps/ $\mu\text{C}$ : giunto che perde, localizzazione perfetta (massimo di attività sulla verticale per il punto di fuga).

Fuga n. 2 : 200 l/h: 11 400 cps netti: 1,25 cps/ $\mu\text{C}$  perdita nel punto di attacco della colonna montante a 20 cm di profondità (10-15 cm di terra e 5-6 cm di cemento).

3 -- Asti — Piazza Catena.

Lunghezza : 80 metri

Diametro : 50 mm

Materiale : ghisa

Profondità : 85 cm

Terreno : argilloso

Sovrapressione : 125 mm c. d'a.

Attività specifica : 7  $\mu\text{C}/\text{l}$ .; durata immissione : 3 ore.

Trovato un solo punto di perdita.

Fuga : 700 l/h, 7 000 cps netti, 0,5 cps/ $\mu\text{C}$ , la tubazione in ghisa è fessurata in corrispondenza dell'attaccatura del giunto a bicchiere.

4 -- Alessandria — Via Carlo Marx (Feeder Officina-Rione Cristo).

Lunghezza : 313 metri

Diametro : 100 mm

Materiale : ghisa, acciaio

Profondità : 50-120 cm

Terreno : di riporto con eterogeneità

Sovrapressione : 560 mm c. d'a.

Attività specifica : 14,4  $\mu\text{C}/\text{l}$ .; durata iniezione : 3,8 ore.

Trovati cinque punti di perdita di cui quattro in un tratto di circa 8 metri. All'atto dello scavo la fuga n. 1 (180 cps netti) non è stata trovata probabilmente perchè durante le operazioni di sterro si è otturata. Le fughe n. 2, 3, 4, 5 (600, 600, 900, 400 cps netti), erano dovute ad un solo punto di perdita; occorre però notare che nelle vicinanze della tubazione vi erano numerose altre tubazioni che possono aver creato delle vie preferenziali per questa fuga. L'entità della fuga è di 70 l/h, l'efficienza di rivelazione calcolata per il valore 900 cps è di 0,46 cps/ $\mu\text{C}$ .

- 5 — Feeder — Savigliano — Saluzzo (dal km 7,778 al km 6,790).  
 Lunghezza : 982 metri  
 Diametro : 100 mm  
 Materiale : fibronit  
 Profondità : 100÷120 cm  
 Terreno : essenzialmente sabbioso  
 Sovrapressione : 3 150 mm c. d'a.  
 Attività specifica : 2,07  $\mu$ C/l.  
 Trovate n. 10 fughe.
- 6 — Feeder — Savigliano — Saluzzo (dal km 7,779 al km 9,764).  
 Lunghezza : 1 985 metri  
 Diametro : 100 mm  
 Materiale : fibronit  
 Profondità : 100÷120 cm  
 Terreno : essenzialmente sabbioso  
 Sovrapressione : 9 500 mm c. d'a.  
 Attività specifica: 0,67  $\mu$  C/l.  
 Trovate n. 19 fughe.
- 7 — Feeder — Savigliano — Saluzzo (Dall'Officina al km 9,765).  
 Lunghezza : 4 200 metri  
 Diametro : 100 mm  
 Materiale : fibronit  
 Profondità : 100÷120 cm  
 Terreno : essenzialmente sabbioso  
 Sovrapressione : 10 900 mm c. d'a.  
 Attività specifica : 0,67  $\mu$ C/l.  
 Trovate n. 22 fughe.
- 8 — Feeder — Savigliano — Fossano (Dall'Officina al km 5,800).  
 Lunghezza : 5 800 metri  
 Diametro : 100 mm  
 Materiale : fibronit  
 Profondità : media 1 m, minima 0,80 m, massimo 1,80 m  
 Terreno : parzialmente di riporto ed essenzialmente argilloso  
 Sovrapressione : 11 300 mm c. a.  
 Attività specifica : 0,87  $\mu$ C/l.  
 Trovate n. 35 fughe.

7.1.9 — Vedi « Appendice ».

## 7.2 — Precisione nella localizzazione dei punti di fuga

In tutta la serie di esperienze descritte al punto 7 la localizzazione dei punti di fuga è sempre stata buona. La esplorazione in superficie del terreno ha sempre permesso di individuare con buona precisione il punto dove il segnale del rivelatore è massimo che in tutti i casi ha sempre coinciso, con buona approssimazione (< 30 cm), con l'intersezione della superficie del terreno con la verticale passante per il punto di perdita.

## 8 — VANTAGGI E SVANTAGGI DEL METODO

In base alle esperienze sinora eseguite si può dedurre che gli svantaggi e vantaggi del metodo di localizzazione di fughe di gas con radioisotopi, rispetto ai metodi tradizionali sono i seguenti :

### *Svantaggi*

- è necessario utilizzare un composto radioattivo che deve essere preparato o irraggiato appositamente e che inoltre va manipolato con cautela;
- è necessario preordinare con molta cura le esperienze e tener nel debito conto la rapidità dei trasporti nel caso di eventuali grandi distanze da un reattore nucleare al luogo di utilizzazione a causa del breve periodo di semitrasformazione del  $\text{Br}^{82}$  (36 ore);
- non è possibile organizzare nel giro di 1-2 giorni una ricerca fughe, a causa del tempo richiesto dalla preparazione del composto radioattivo (richiesta di irraggiamento presso un reattore nucleare e successiva preparazione del tracciante).

### *Vantaggi*

- la ricerca fughe viene eseguita senza effettuare perforazioni nella pavimentazione stradale, come richiesto invece dai metodi tradizionali nella maggior parte dei casi;
- la rivelazione delle fughe è buona indipendentemente dal tipo di pavimentazione;
- la ricerca fughe a mezzo di radioisotopi viene eseguita lungo tutta la tubazione e non per punti (in generale a 2 m di distanza) come richiesto dai metodi tradizionali nella maggior parte dei casi per cui le probabilità di ritrovare tutte le fughe sono maggiori;
- ad esclusione dell'operazione connessa con l'introduzione del tracciante (6 ore al massimo) la ricerca fuga è più rapida, infatti l'esplorazione del terreno con lo scintillatore portatile si esegue con una velocità di 1,5 km/ora mentre coi metodi tradizionali la velocità è di 1-2 km al giorno. Inoltre mentre la validità di esplorazione del terreno con lo scintillatore è praticamente indipendente dal tipo di pavimentazione, la velocità di un'esplorazione con metodi tradizionali dipende moltissimo dal tipo di pavimentazione ed in qualche caso si riduce a 500 m al giorno a causa della necessità di eseguire perforazioni;
- in caso di collaudo di nuove tubazioni si può eseguire la prova usando aria come gas di riempimento della tubazione;
- a parità di profondità della tubazione il rapporto tra segnale del rivelatore e entità della fuga dovrebbe essere meno variabile da caso a caso di quelle ottenibili coi metodi tradizionali.

## 9 — CONCLUSIONI

In base al lavoro svolto finora, il metodo di localizzazione di fughe a mezzo di traccianti radioattivi ( $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$ ) fornisce buoni risultati ed è applicabile con successo nel caso di tubazioni interrate per gas fuori esercizio o che possono essere messe temporaneamente fuori esercizio. Qualora fosse possibile un'estensione di detto metodo alle tubazioni in esercizio l'interesse delle industrie del gas diverrebbe notevolissimo.

Sarebbe quindi auspicabile studiare la distribuzione e la fissazione dei prodotti di combustione del  $\text{CH}_3\text{Br}$  in alcuni tipi di ambienti in cui viene utilizzato gas.

Si potrebbe così stabilire la concentrazione di radioisotopo cui verrebbe esposto l'utilizzatore. Contemporaneamente le Autorità competenti dovrebbero stabilire qual'è la concentrazione massima di  $\text{CH}_3\text{Br}^{82}$  a cui la popolazione non soggetta a controllo sanitario potrebbe essere esposta per una durata di 4-10 ore al massimo eccezionalmente 1 volta ogni 2 anni o al massimo 1 volta all'anno.

Per quanto riguarda il costo dell'operazione di ricerca fughe mediante radioisotopi, pur non potendo per il momento trarre delle conclusioni definitive, si può sin d'ora affermare che, entro determinati limiti il costo è praticamente indipendente dalla lunghezza, per cui si pensa che il metodo dovrebbe essere conveniente per tratti di tubazioni superiori ai 2-3 km. Per le tubazioni in esercizio, il costo dovrebbe sensibilmente diminuire poichè in tal caso non sarebbe più necessario sezionare la tubazione.

#### BIBLIOGRAFIA

1. LEVIN, KUZNETZOV, Impiego di radioisotopi per localizzare le fughe di gas nelle condotte sotterranee. Gorodskoe — Hozjaistvo — Mosca, Aprile 1959.
2. Studies of the general feasibility of radioisotopes methods in the gas natural industry. USAEC-NYO 2753 (1960).
3. HILL, Detection of leaks in the sheathing of telephone cables by use of radioactive materials. AERE I/R 759 (1951).
4. BREVETTO, British Insulated Callender's Cables Ltd. An improved method of detecting leaks U.K. 720,497 (25. 3. 1952).
5. BREVETTO, Enfield Cables Ltd. Improvements relating to the detection and location of leaks in gas-filled cables and pipe-lines. U.K. 679.928.(26.10.1949.)
6. C. BAVET, L. PICHAT, Préparation de bromure de méthyle marqué par le brome actif. Bulletin de la Société Chimique de France [5], 17. pag. 1294 (1920).
7. IAEA-Production and use of short-lived radioisotopes from reactors Vol. 1, pag. 357: Tellies, Courtois, Gasnier « Quelques applications des radioéléments à période courte dans l'industrie gazière française » (IAEA, Vienna, 1963)

APPENDICE

PROVA DIMOSTRATIVA EFFETTUATA IN TORINO COMPENSORIO «ITALIA '61»

A conclusione del presente contratto di ricerca è stata effettuata una prova dimostrativa su di una tubazione posata nel 1960. Poichè la tubazione non presentava alcuna fuga sono stati realizzati 12 fori artificiali, rappresentati da ugelli calibrati applicati alla tubazione e protetti da una griglia metallica. Il valore delle fughe, e gli altri dati relativi alla profondità e copertura del terreno sono riportati in Tabella IX assieme ai valori dell'attività riscontrati nella ricerca-fughe.

Lunghezza tubazione : 1 173 metri  
 Diametro : 200, 150 e 100 mm  
 Materiale : acciaio  
 Profondità : variable da 40 cm a 2 metri  
 Terreno : di riporto con diversa copertura  
 Sovrapressione : 120 mm c.a.  
 Attività specifica : 2,1  $\mu$ C/l  
 Durata immissione : ~ 3 ore.

TABELLA IX

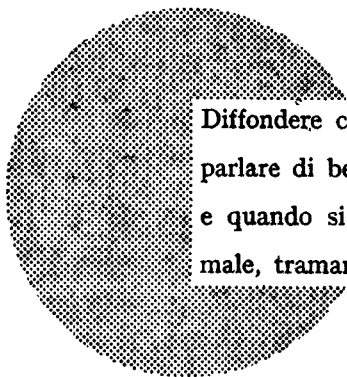
Fuga n.	Portata l/h	Profondità cm	Tipo di pavimentazione	Fondo (*) cps	cps max
1	272	140	Asfalto	35 ÷ 50	4 500
2	300	130	Asfalto	35 ÷ 50	4 500
3	166	140	Bordo strada	100 ÷ 110	5 700
4	44	85	Asfalto	60 ÷ 70	1 600
5	100	100	Lastricato	50 ÷ 60	2 000
6	269	145	Prato	75 ÷ 100	3 800
7	431	200	Prato	75 ÷ 100	1 400
8	44	60	Prato	75 ÷ 100	1 400
9	294	110	Prato	75 ÷ 100	5 500
10	80	85	Asfalto	60 ÷ 70	2 000
11	88	40	Asfalto	35 ÷ 50	3 700
12	96	105	Prato	75 ÷ 100	2 000

(\*) Misurati con lo scintillatore della SRAT modello SPP2.









Diffondere cognizioni equivale a diffondere benessere — intendo parlare di benessere generale e non già di ricchezza individuale — e quando si instaura il benessere va sempre più scomparendo il male, tramandatoci da un oscuro passato.

Alfred Nobel

EURATOM — C.I.D.  
51 - 53, RUE BELLIARD  
BRUXELLES (BELGIQUE)