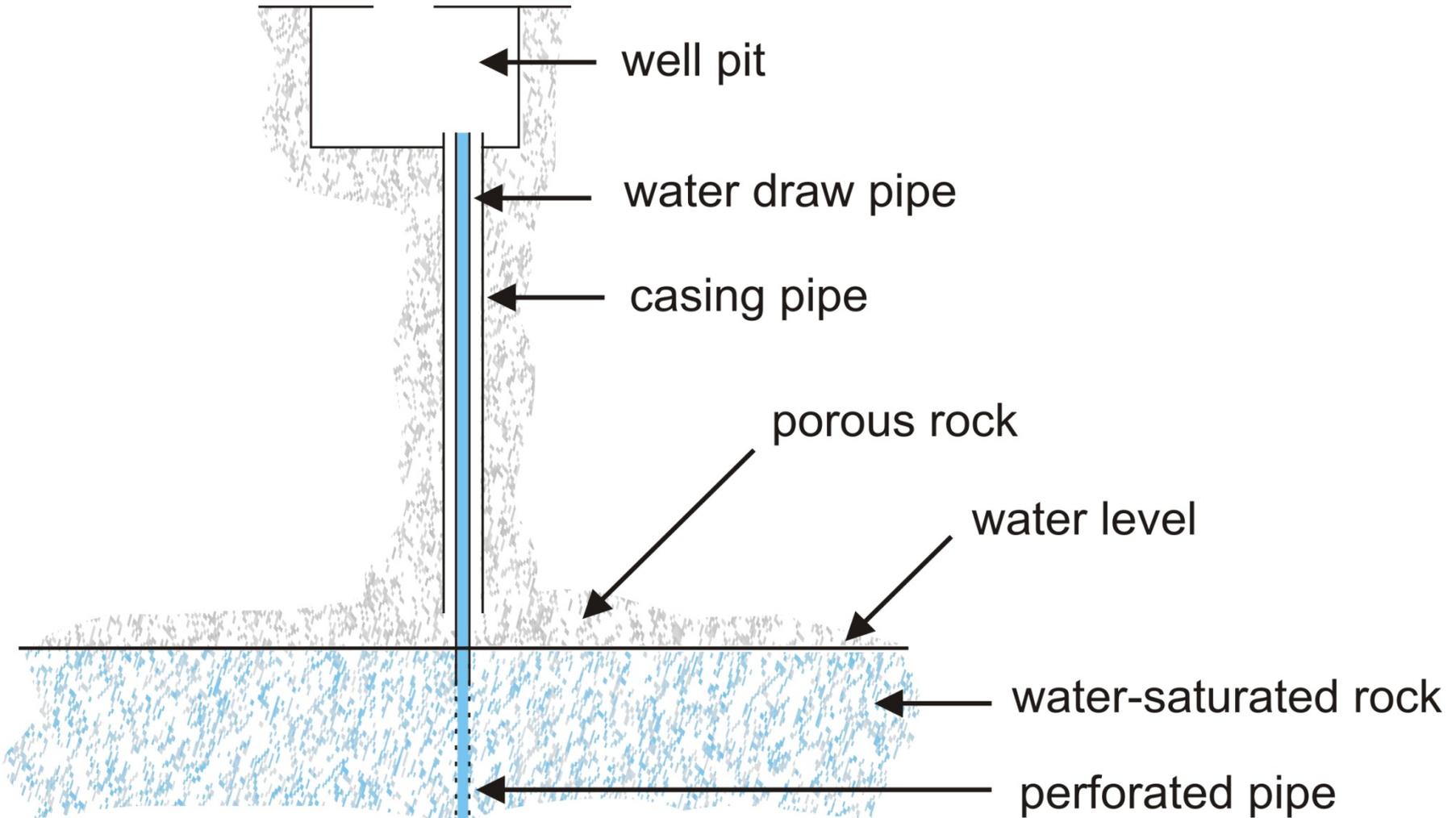


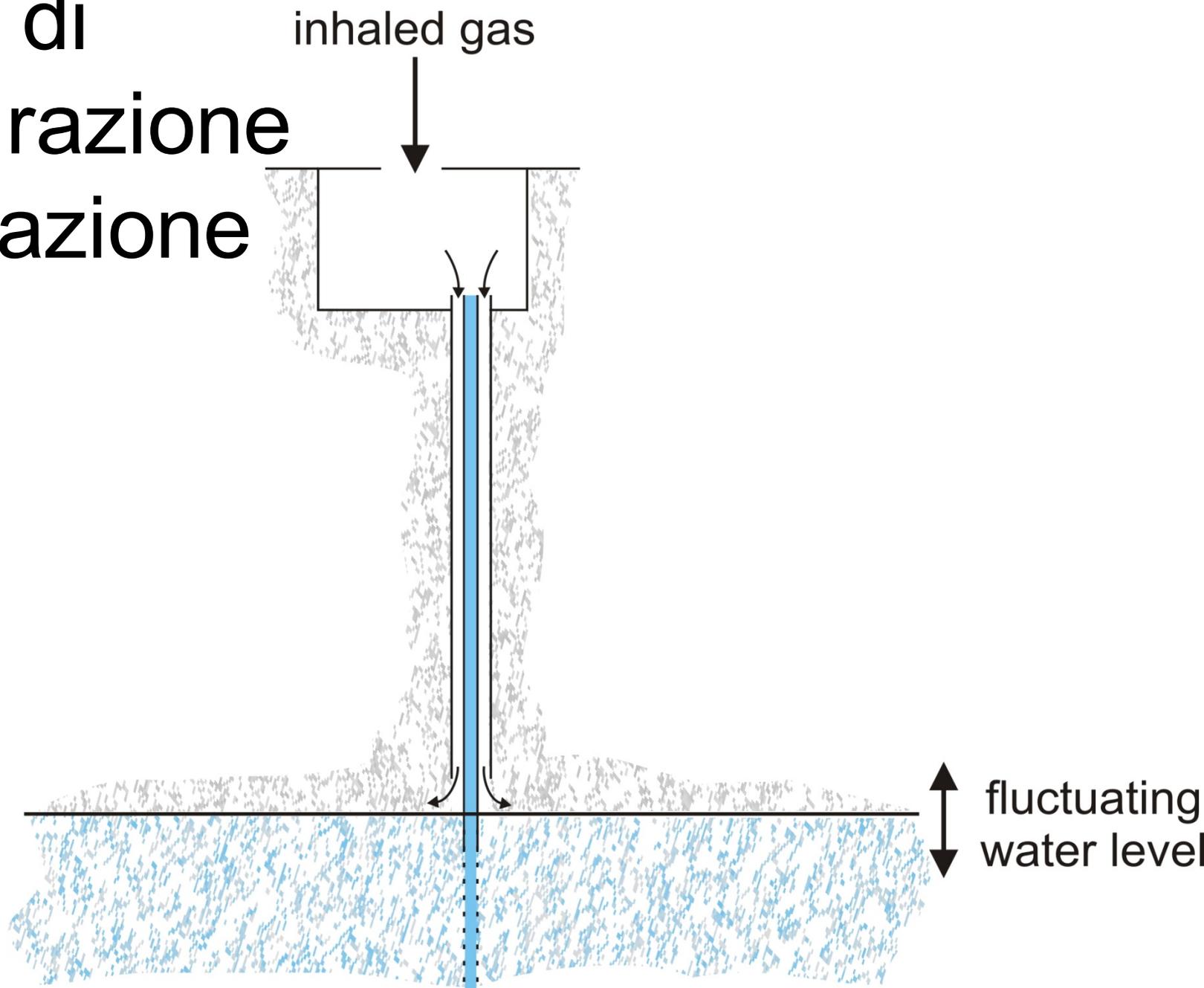
Pozzi di Respirazione

- conosciuti in tutto il Nord America come “soffiatori/aspiratori”
- l’aria si introduce nella formazione rocciosa per quando c’è alta pressione atmosferica
- il gas esala dalla formazione rocciosa quando c’è bassa pressione atmosferica
- meccanismo di rimozione dell’ossigeno sconosciuto/ignoto

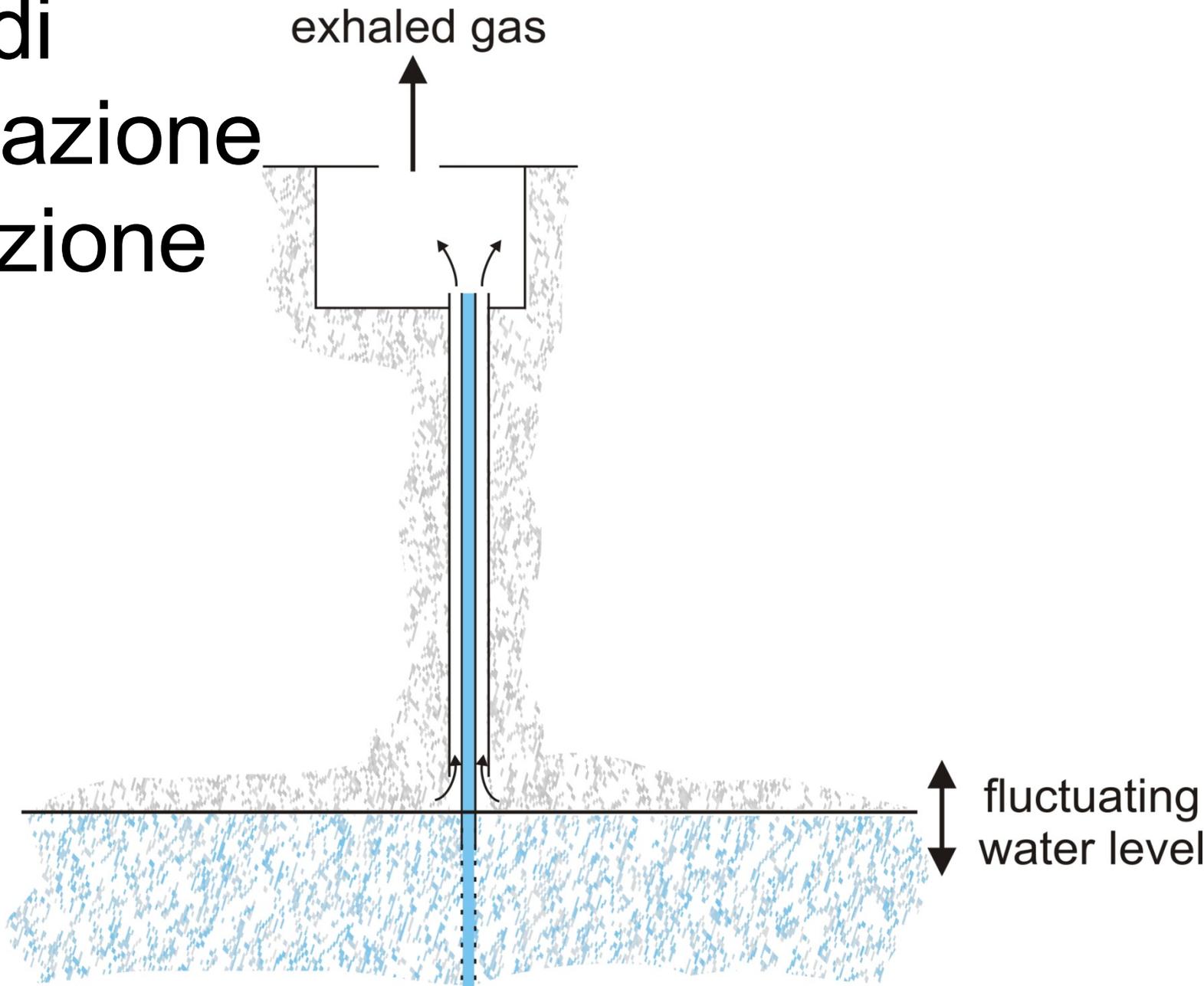
Pozzi di Respirazione



Pozzi di Respirazione Inspirazione



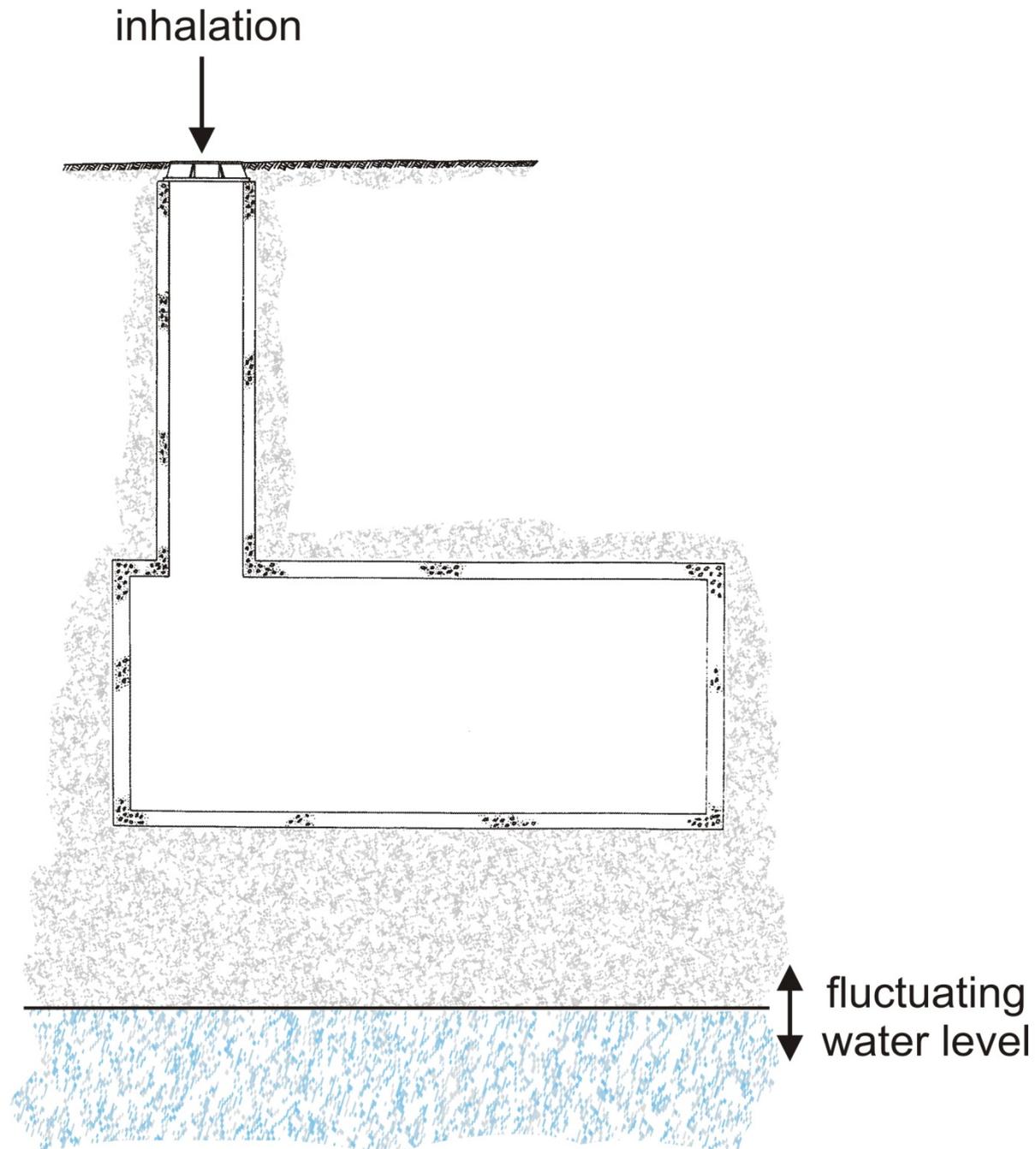
Pozzi di Respirazione Espirazione



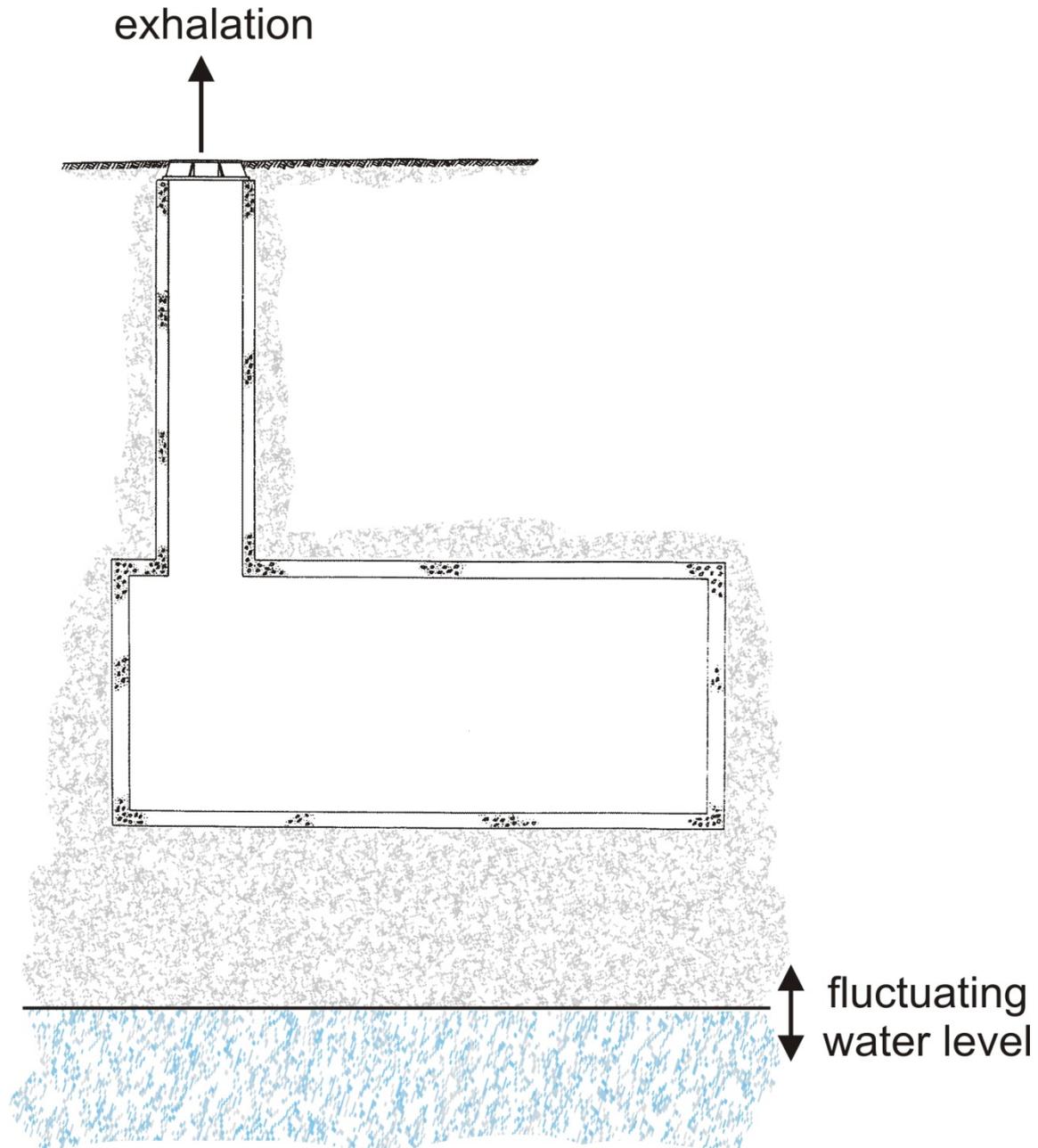
Falda Freatica– Effetto Pistone

- la variazione del livello dell'acqua può agire come un pistone per inspirare ed espirare gas nelle strutture del sottosuolo
- alterazione nella falda freatica a causa di:
 - costruzioni (sistema di drenaggio, sistema di scolo)
 - precipitazioni anormali o siccità
 - un aumento del consumo di acqua oltre il reintegro

Effetto Pistone sulla Falda Freatica Inspirazione



Effetto Pistone sulla Falda Freatica Espirazione



Kimberley BC, May 2006

- pozzetto in una stazione di monitoraggio del drenaggio acido
- drenaggio da una discarica di rifiuti rocciosi
- scarichi di rocce >50 anni nel Sullivan Mine
- 4 lavoratori (un lavoratore che entra + 3 soccorritori) morti
- 8% CO₂, 2% O₂, 90% N₂ dopo l'infortunio
- CO₂ mineralogico, in origine non biologico

Kimberley BC, May 2006



Kimberley BC, May 2006



Kimberley BC, May 2006



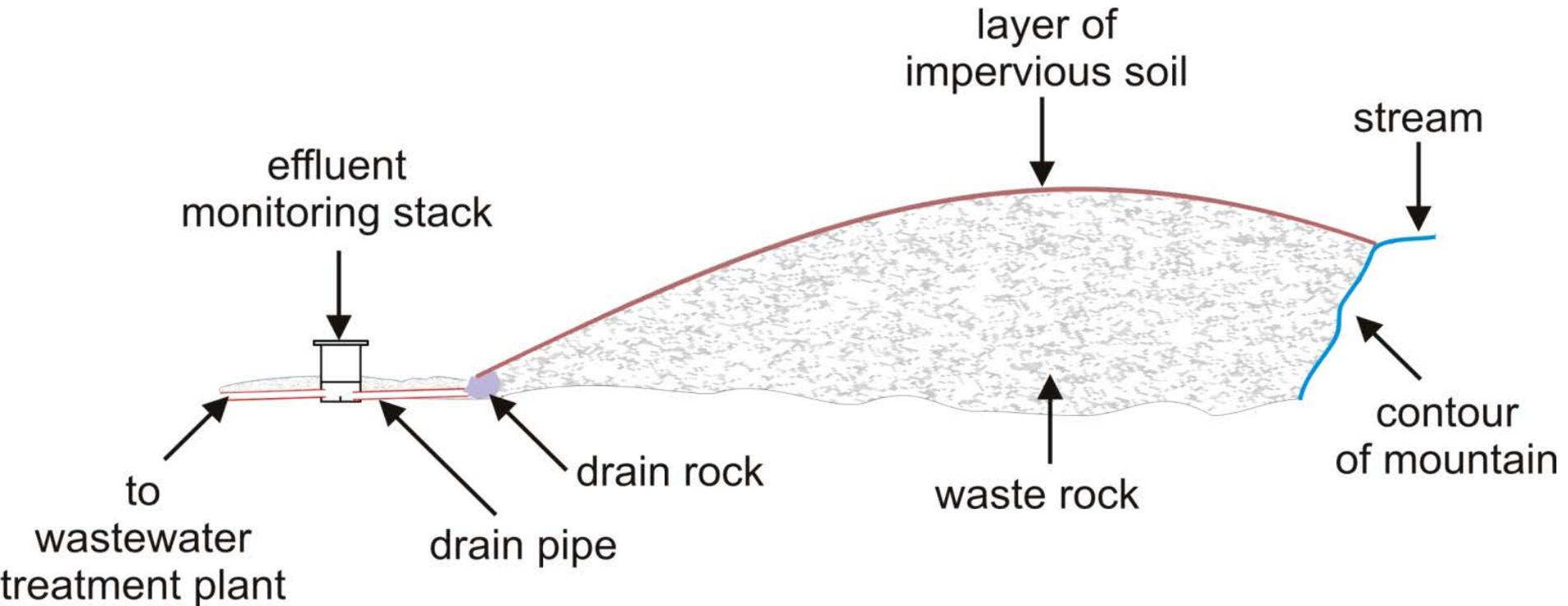
Kimberley BC, May 2006



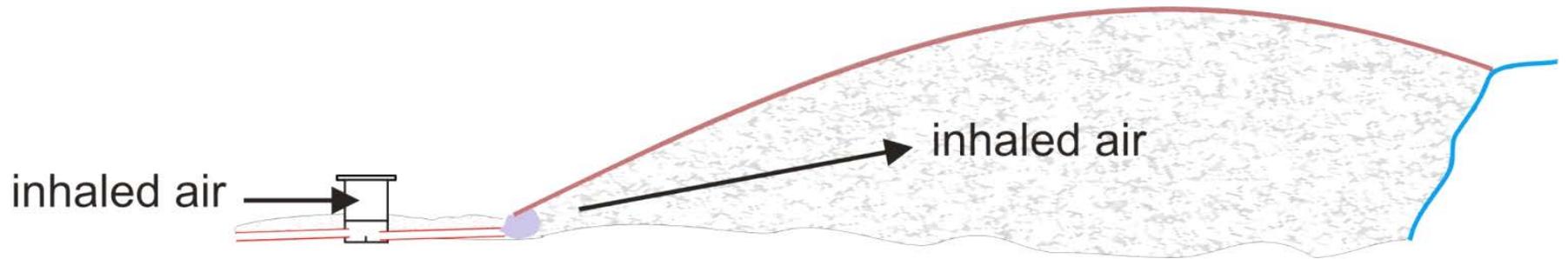
Strutture di Respirazione

- gas espirato dalla massa scaricata di rocce attraverso la conduttura che si trova all'interno della costruzione
- struttura formata dalla struttura a cupola impermeabile nel terreno e dalla sottostante roccia friabile che funge da polmone

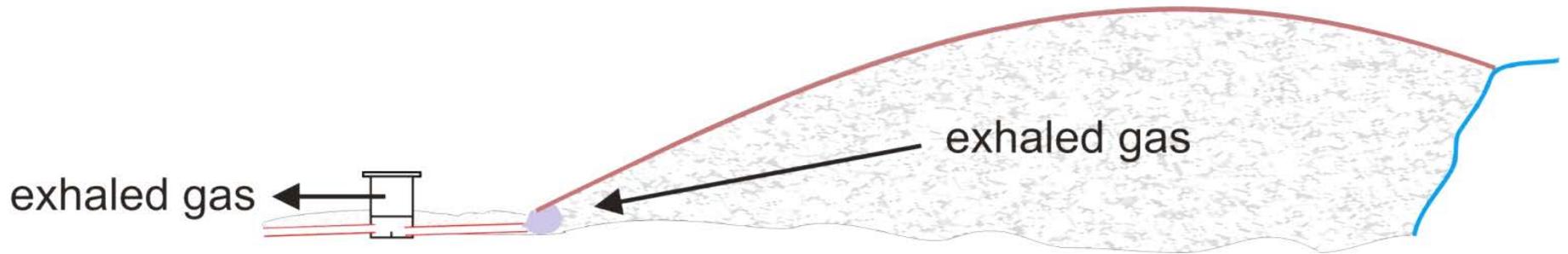
Strutture di Respirazione



Strutture di Respirazione – Inalazione



Strutture di Respirazione – Esalazione



Vancouver, BC, 2001

- stazione di pompaggio di drenaggio in un cimitero
- incaricato di esaminare la produzione di CH_4
- 5.5% O_2 in superficie sopra l'apertura del tombino
- 4.5% O_2 a pozzetto, 4 m sotto la superficie
- CH_4 a livello di ppm

Stazione di Pompaggio in un cimitero



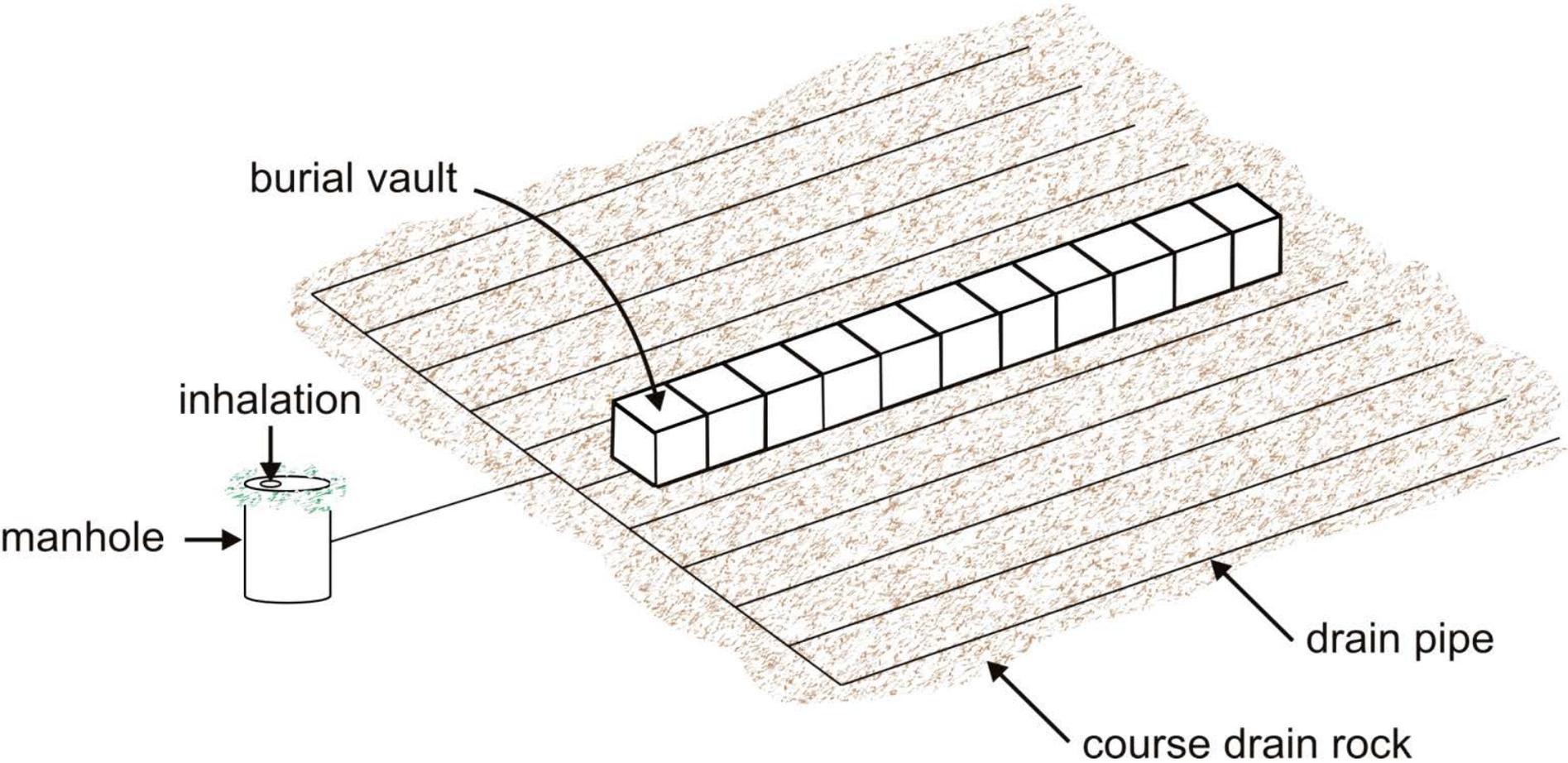
Stazione di Pompaggio in un cimitero



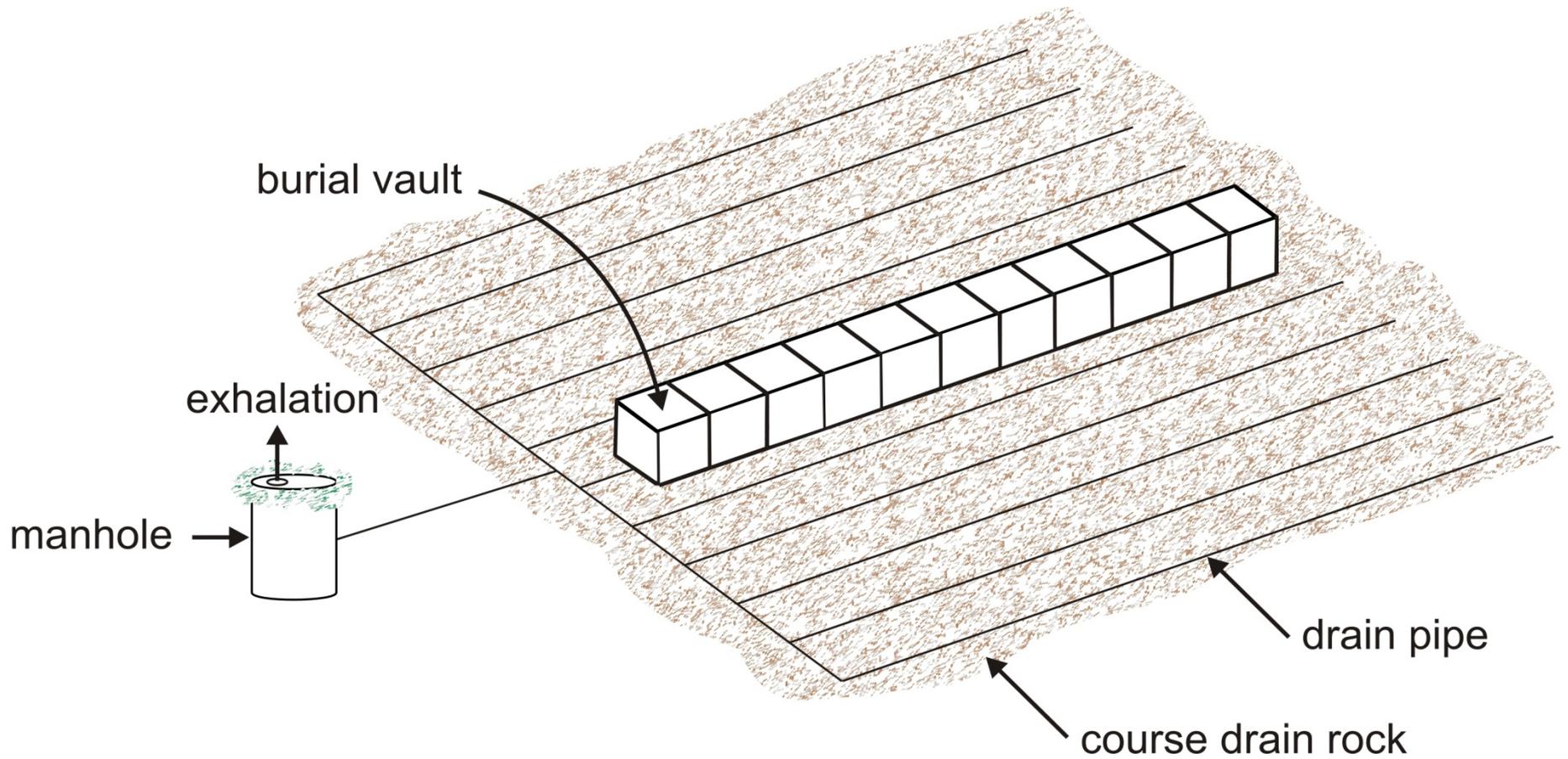
Stazione di Pompaggio in un cimitero

- i cimiteri contengono loculi interrati realizzati in cemento
- il sistema di drenaggio prevede uno strato di pietrisco con pozzetti e tubazioni di raccolta
- la decomposizione aerobica dei resti/spoglie e la decomposizione delle bare comporta il consumo di O_2 nei pozzetti → sistema di drenaggio → tubazioni di scarico → stazione di pompaggio
- possibile processo di inalazione/esalazione

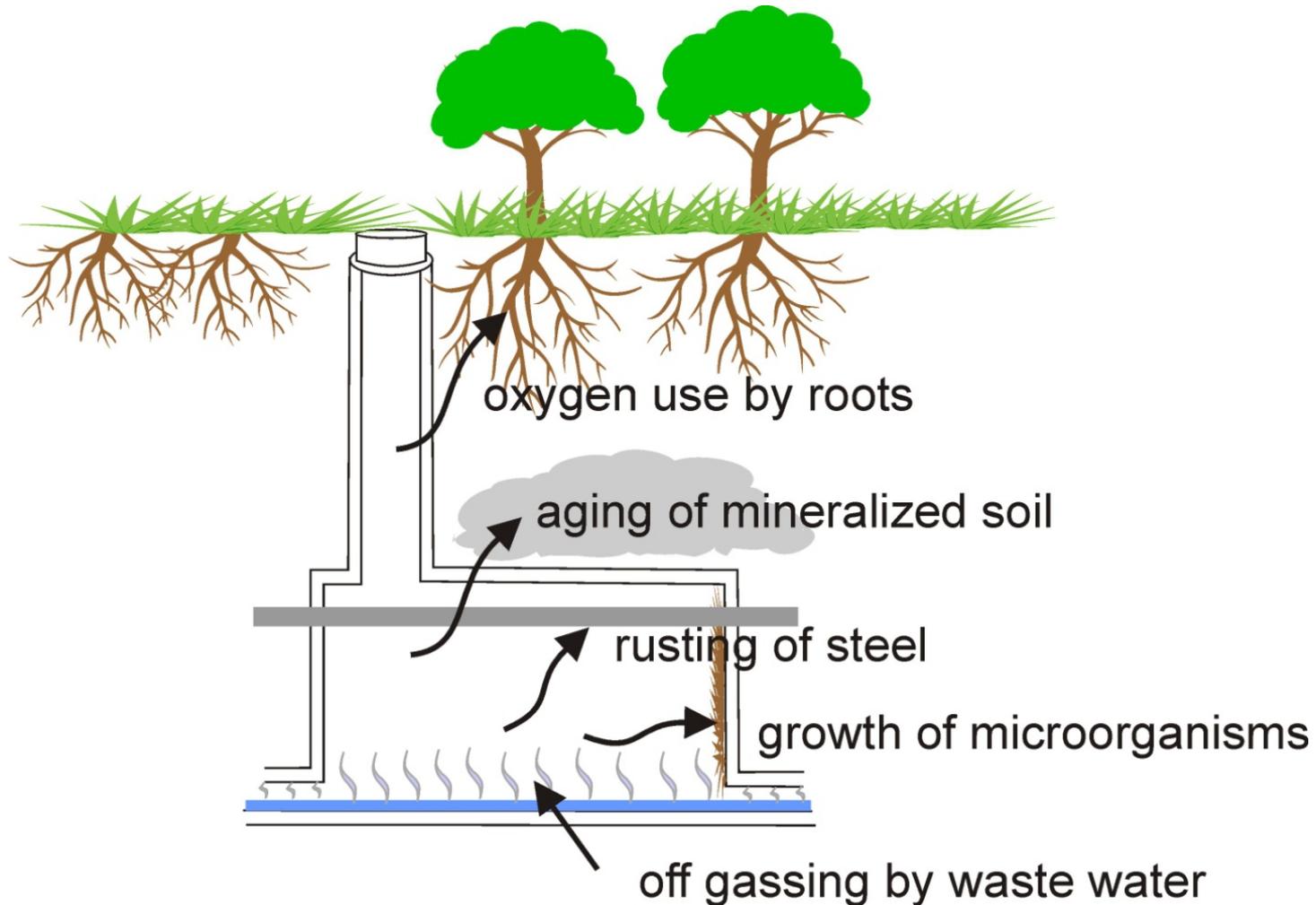
Stazione di Pompaggio del cimitero – Inalazione



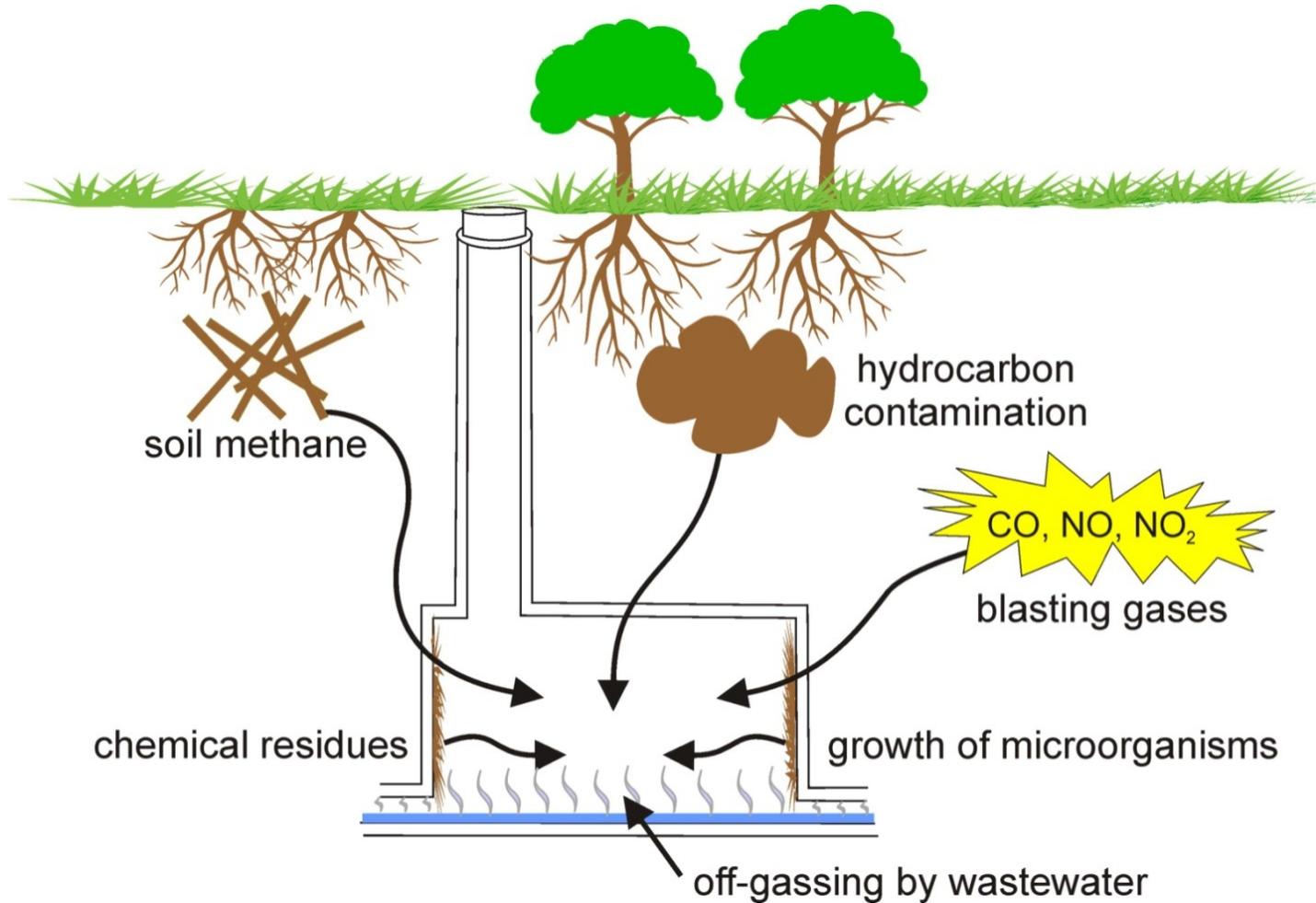
Stazione di Pompaggio del cimitero – Esalazione



Meccanismo Carenza di Ossigeno



Meccanismo di Contaminazione Bio/Chimica



Prospettive di regolamentazione

- queste strutture soddisfano i criteri generalmente accettati di classificazione come Spazi Confinati
- disposizioni che si concentrano sulla fase di ingresso
- i lavoratori continuano a morire in questi spazi di lavoro nonostante le disposizioni normative
- il motivo è in parte riconducibile alla mancata conoscenza delle condizioni che possono verificarsi in questi spazi, la loro entità e come si sviluppano

Fattori che influenzano l'Auto-Ventilazione

- velocità e direzione del vento
- temperatura interna in relazione alla temperatura esterna (effetto camino)
- concentrazione della miscela
- distribuzione della miscela all'interno del volume dell'ambiente
- densità della miscela rispetto alla densità dell'aria

Bureau of Mines Investigations

- condizioni atmosferiche esaminate nelle strutture del sottosuolo nel tardo 1920 e 1930
- collaborazione con società servizi a Boston
- migliaia di misurazioni nelle camerette esistenti
- presenza di:
 - vapore di benzina e gas combustibili
 - gas endogeni (CO_2 , CH_4 , H_2)
 - carenza di ossigeno

Bureau of Mines Investigations

- costruzioni in calcestruzzo gettato in opera per uno studio controllato
- iniezione di CH_4 o CO_2 per produrre una miscela uniforme nel volume interno
- tasso di ventilazione calcolato dal flusso di gas necessario per mantenere una concentrazione costante
- push (iniezione) – pull (fattori esterni) sistema

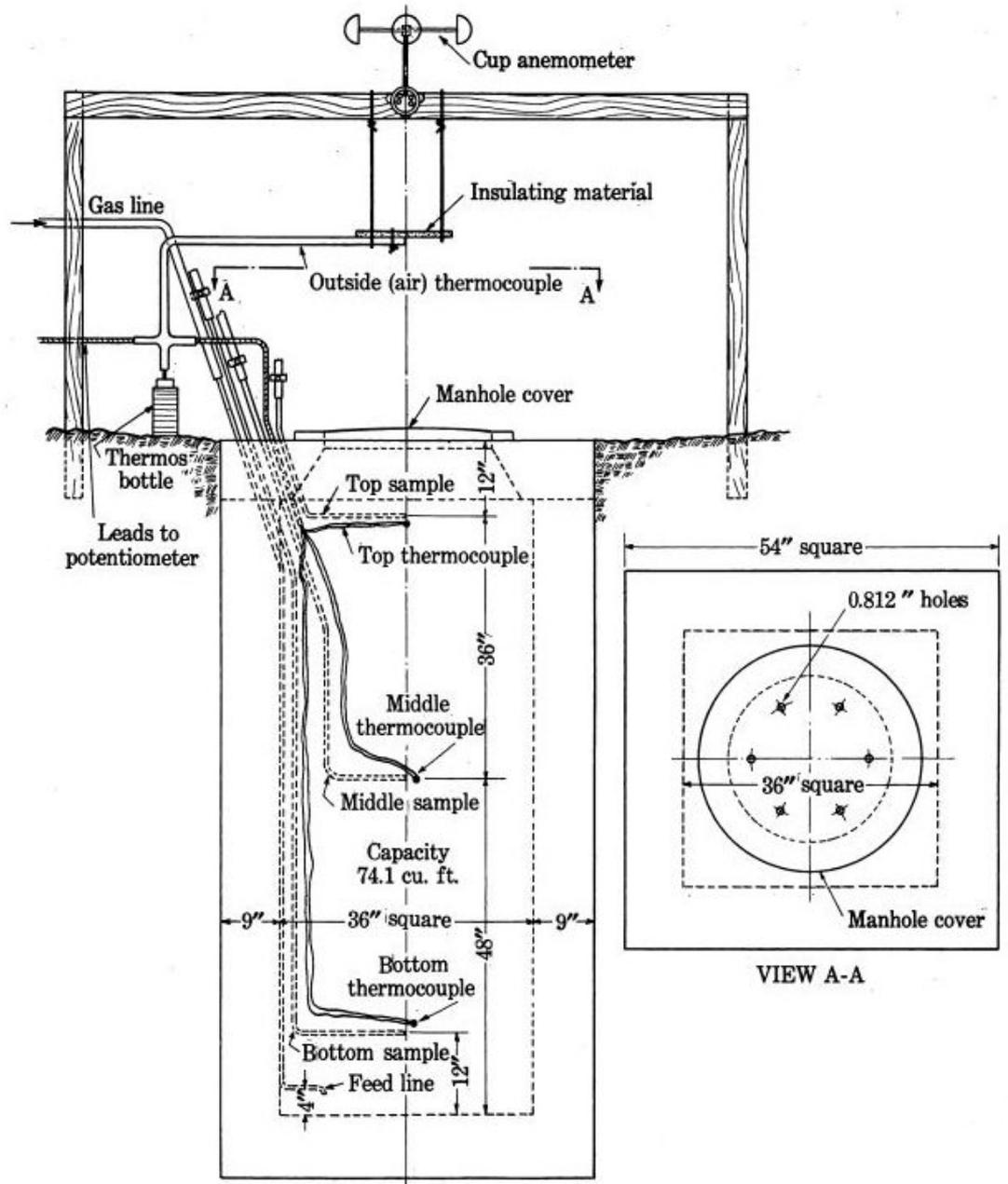
Bureau of Mines Investigations

- leggera pressione positiva derivante dall'erogazione di gas, leggera pressione negativa dovuta al trascinamento del vento e delle forze termiche
- esaminato l'effetto:
 - dell'area di apertura dei fori nei tombini
 - della dimensione e della forma delle strutture
 - della velocità del vento in superficie (wind tunnel)
 - dell'uso di un condotto esterno per l'auto-ventilazione

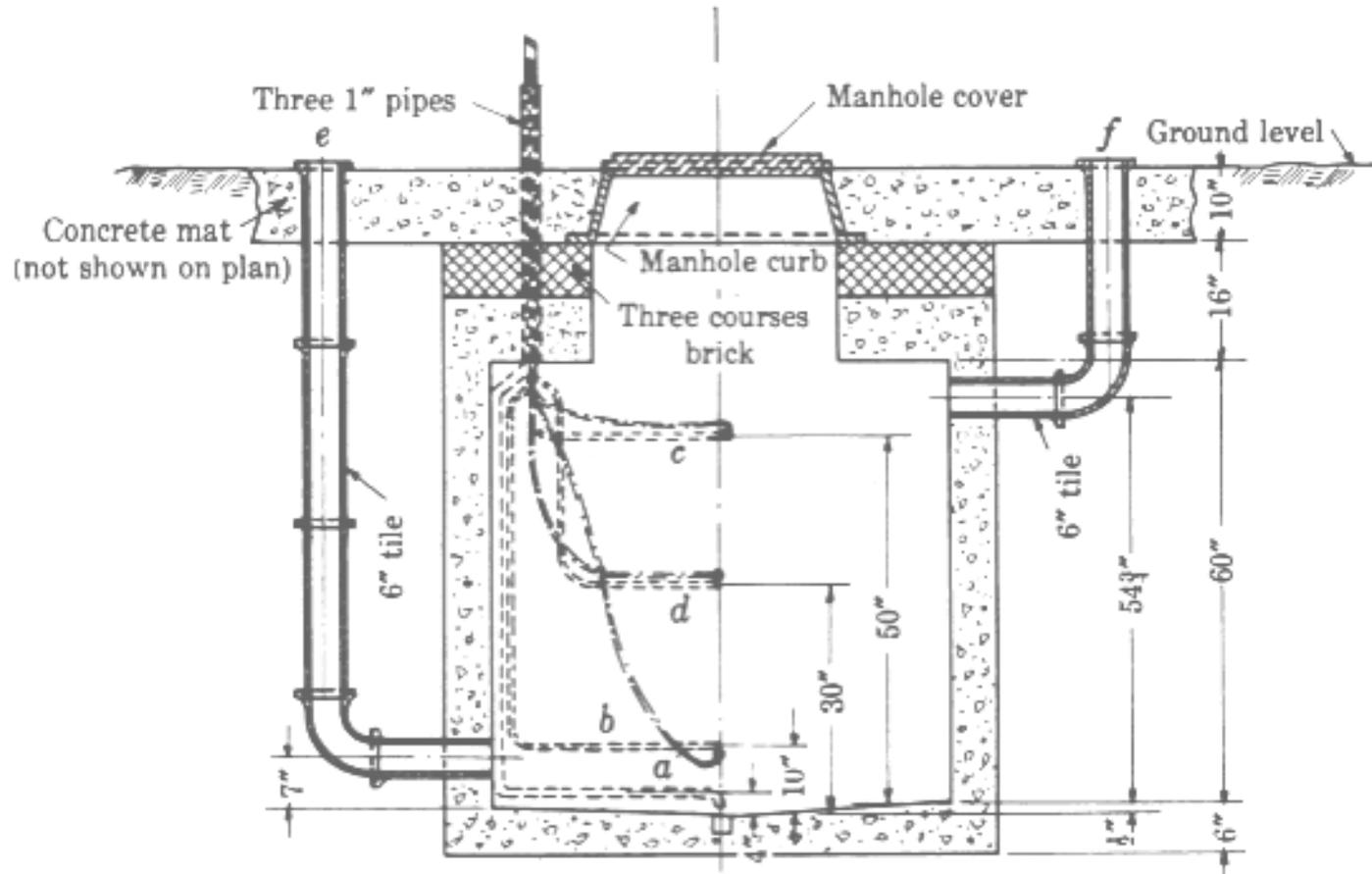
B

M

(



Bureau of Mines (1940)



SECTION A - A
(Thermocouple leads, feed line, and sampling tubes shown diagrammatically)

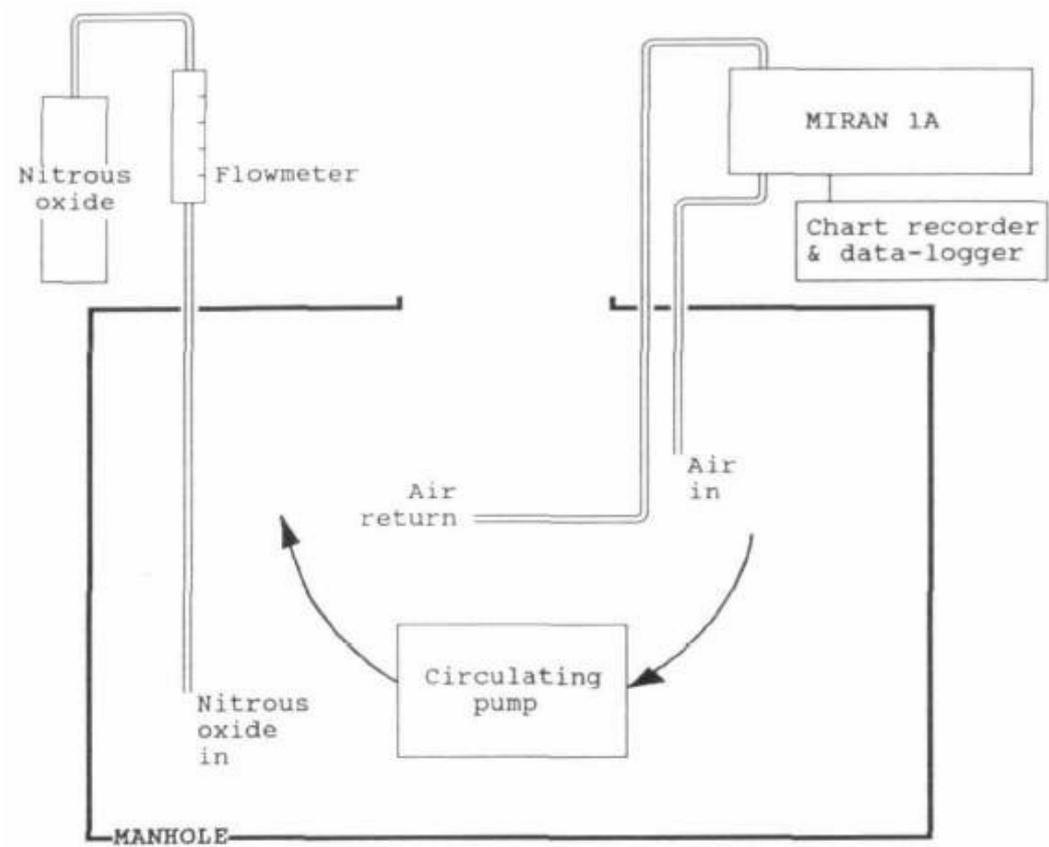
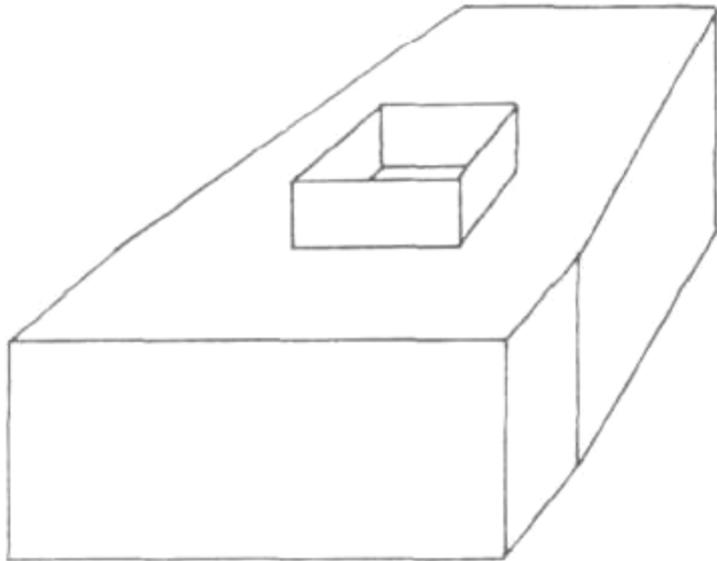
Bureau of Mines Results

- tasso di ventilazione (ricambi d'aria/al giorno o $\text{ft}^3/\text{al giorno}$):
 - α (in^2 di aperture nei tombini)
 - α (in^2 di aperture nei tombini)/(100 ft^3 dello spazio aereo) (volume variabile)
- il flusso d'aria in superficie è il principale fattore di controllo nella ventilazione del tombino indipendentemente dall'area delle aperture
- aumentando la velocità da 0 a 10 mi/h aumenta il tasso di cambio del 50% (0 – 16 Km/h)
- Il basso afflusso dal condotto esterno + le zone di apertura nel tombino esercitano una maggiore influenza sul tasso di ventilazione

Wiegand and Dunne (1995)

- camerette sotterranee reti telecomunicazione
- introdotta una concentrazione uniforme di contaminante (N_2O)
- ventilazione spontanea = aperto solo il tombino
- ventilazione assistita = aperto il tombino + deflettore verticale
- deflettore montato verticalmente attraverso la linea centrale di apertura, 75 cm sopra la parte superiore, 50 cm sopra la parte inferiore

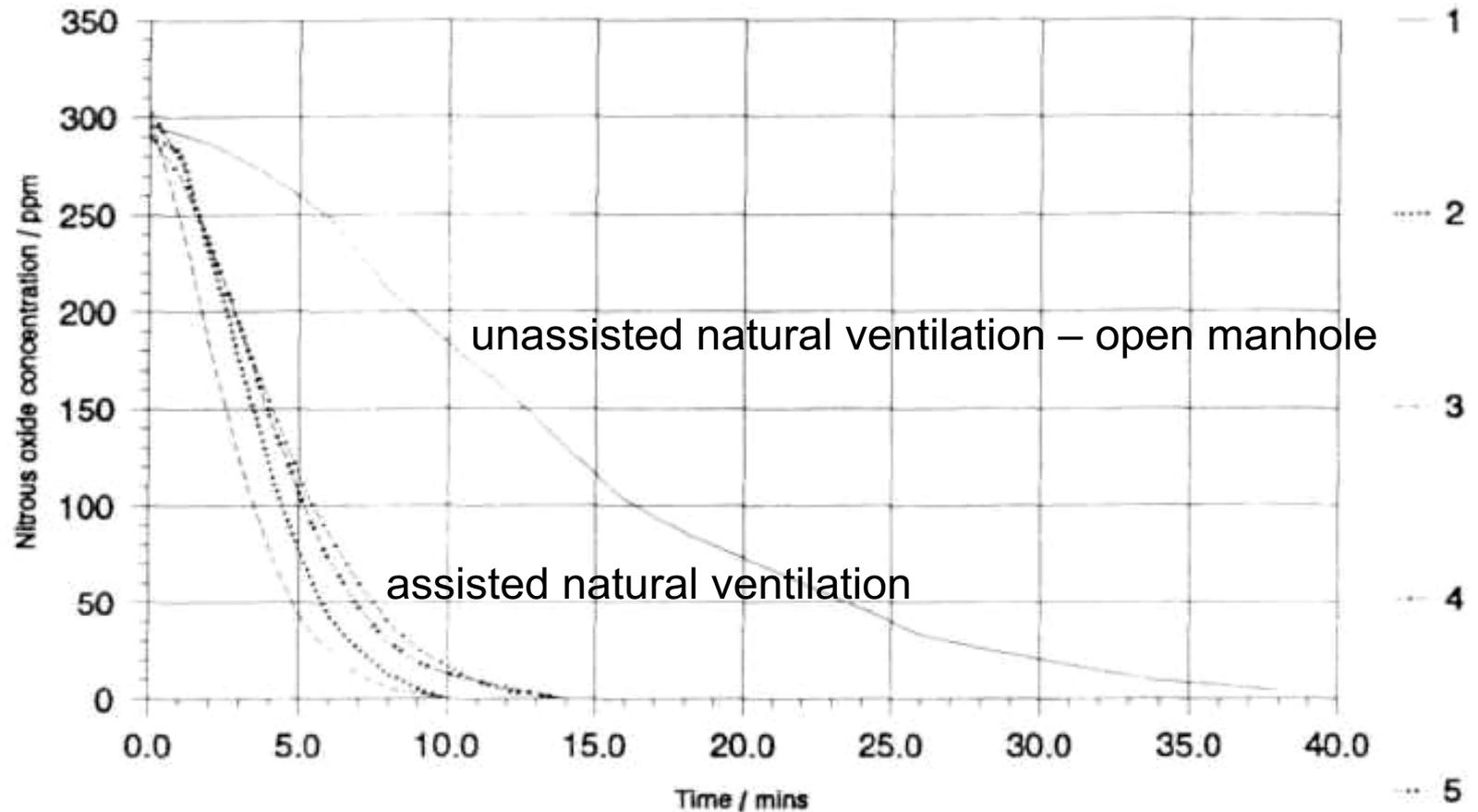
Wiegand and Dunne (1995)



British Telecommunications vaults

Total depth = 2.5 m
Total volume = 11.5 m³

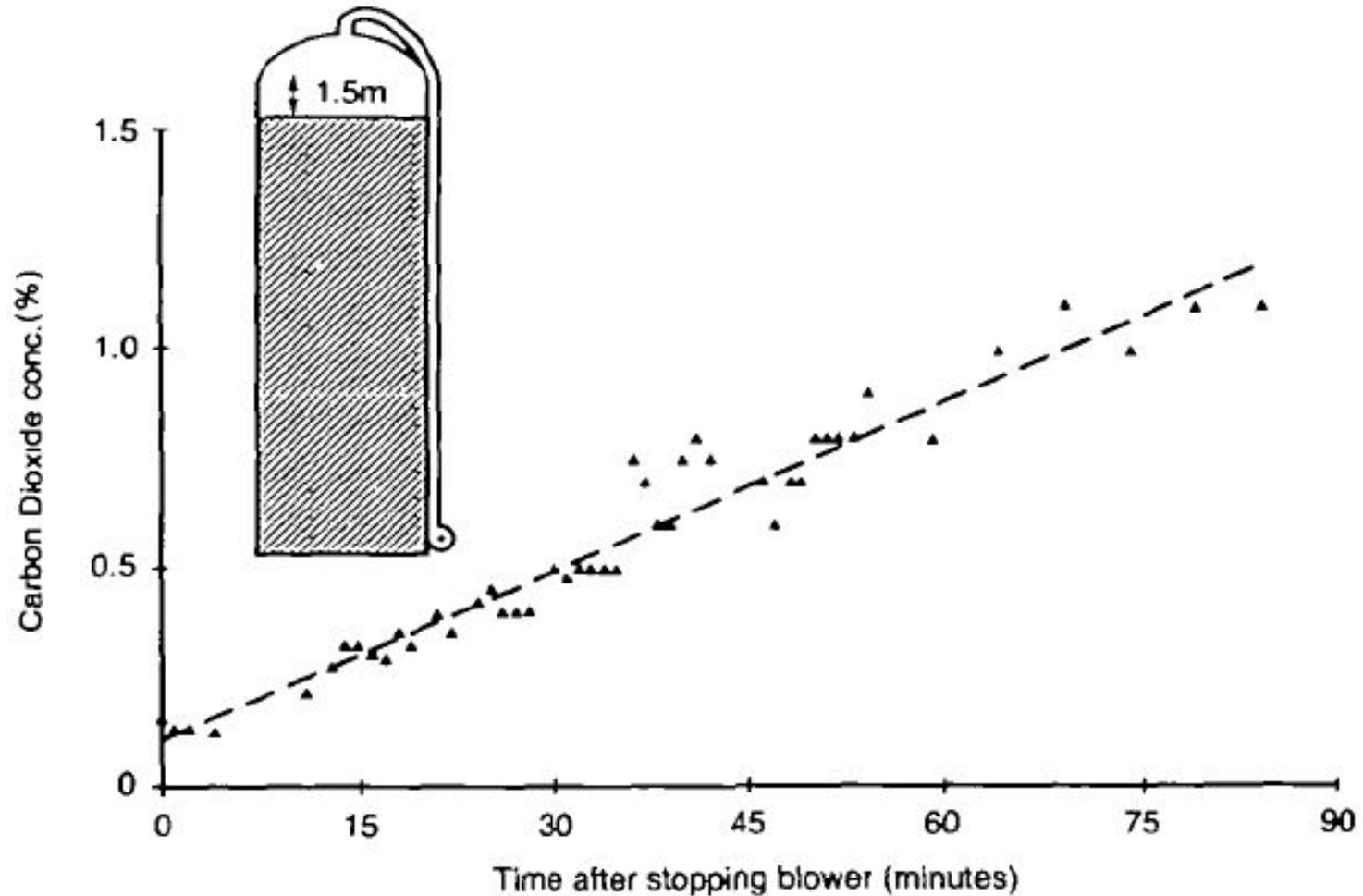
Wiegand and Dunne (1995)



Groves and Ellwood (1989)

- condizioni valutate in silo verticali in fattoria durante il riempimento con insilato
- Il livello di CO₂ in un silo chiuso aumenta dal livello originario fino a 5000 ppm (TLV-TWA) in 30 minuti, 1.5 m sopra il livello di insilato

Groves and Ellwood (1989)



Smith et al. (2014)

- gli incidenti mortali coinvolti nella nuova costruzione di linee fognarie
- la carenza di O₂ a causa di infiltrazioni di gas endogeni
- L'analisi di sicurezza / individuazione dei pericoli non è riuscita a prevedere le condizioni che si sono verificate
- mancanza di preparazione circa le condizioni effettive di lavoro

Che cosa ci dice tutto questo?

- non sappiamo quasi niente di:
 - condizioni ambientali nelle strutture isolate del sottosuolo
 - sviluppo della contaminazione atmosferica e come ripristinare le condizioni ambientali
- è necessario compiere uno sforzo considerevole per indagare su questi temi

Suggerimenti di misure da adottare nel luogo di lavoro

- esaminare tutte le strutture del sottosuolo indipendentemente dall'età e dall'uso prima dell'accesso al loro interno e durante lo svolgimento della prestazione lavorativa
- prima dell'accesso al loro interno e durante lo svolgimento della prestazione lavorativa ventilare tutte le strutture del sottosuolo
- esaminare l'autoventilazione delle strutture del sottosuolo per determinarne le caratteristiche del comportamento