

Flussi piroclastici

E' frequente che le eruzioni esplosive generino miscele gas-particelle troppo dense per dare origine a colonne eruttive sostenute. Esse formano allora flussi che si spostano sul terreno sotto l'influenza della gravita'. Questi flussi vennero riconosciuti come fenomeni vulcanici primari durante le eruzioni della Pelee in Martinica e della Soufriere di Saint Vincent all'inizio del 1900. Tradizionalmente essi vengono suddivisi in due classi, **colate piroclastiche** e **surges piroclastici**, intese come termini estremi, rispettivamente ad alta ed a bassa concentrazione, di uno spettro di variabilita' basato sulla quantita' di particelle. Fondamentali differenze esistono agli estremi dello spettro, ma sempre piu' frequente e' il riconoscimento di depositi che non possono univocamente essere connessi all'uno od all'altro dei termini estremi.

Colate e surges piroclastici sono sistemi composizionali complessi in cui i processi di trasporto e di deposizione non sono uniformi ne' spazialmente ne' temporalmente.

Le **colate piroclastiche** possono generarsi in seguito a meccanismi diversi che possono sostanzialmente essere riferiti a due tipi principali:

1. Collasso di duomo o esplosione laterale
2. Collasso pulsante, parziale o continuo di colonna eruttiva

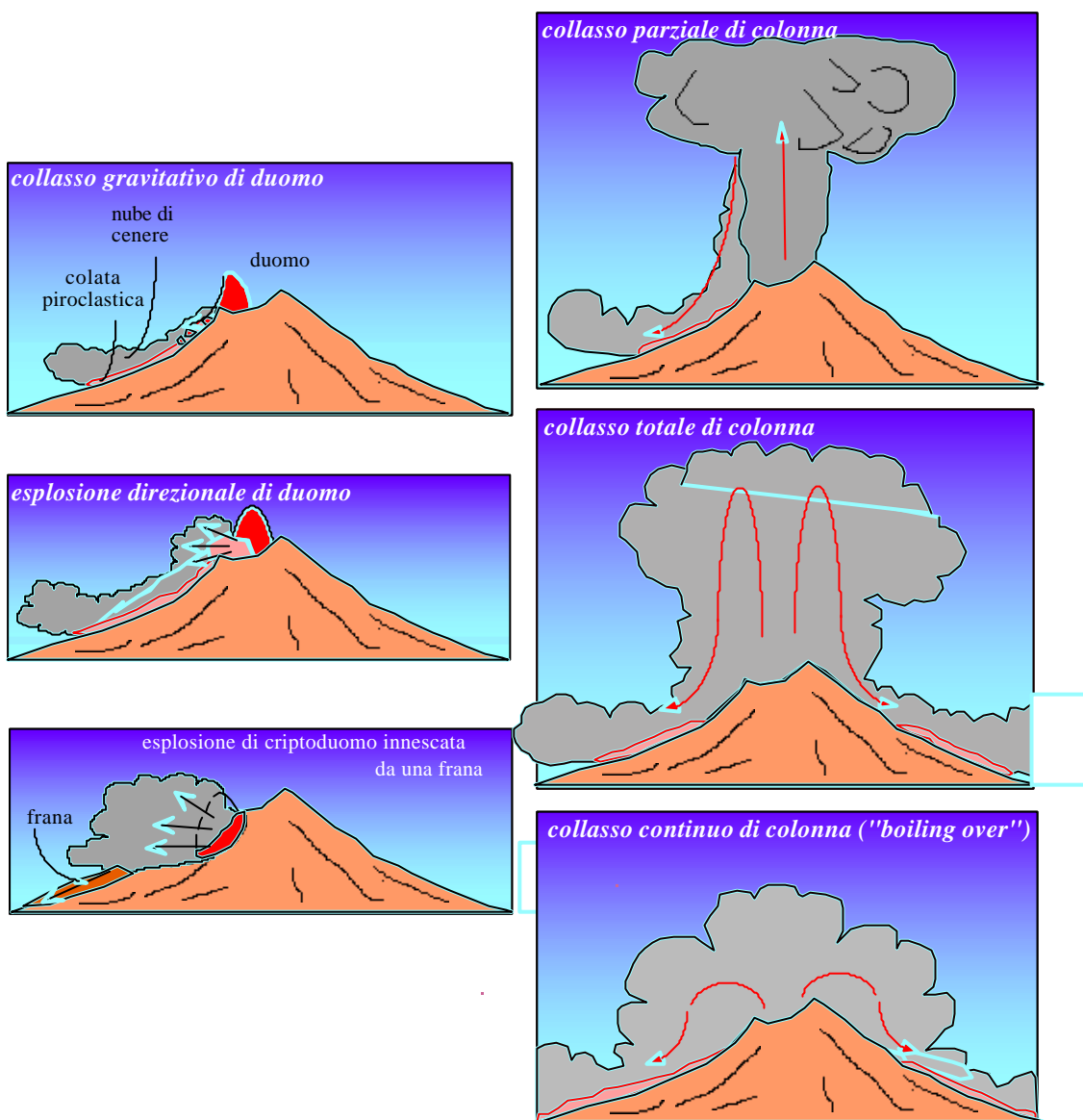


Fig. 2.84 - Meccanismi di formazione delle colate piroclastiche. La colata piroclastica vera e propria e' un flusso gravitativo ad alta concentrazione di particelle che si muove radente il suolo. La nube di cenere, meno concentrata, formera' depositi indipendenti.

I depositi lasciati dalle colate piroclastiche hanno volumi variabilissimi (da pochi milioni di m³ a decine di km³). Le colate di piccolo volume, originate per esplosione o collasso di duomi, tendono ad incanalarsi nelle valli ed ad accumularsi nelle depressioni, mentre le grandi colate formano coltri estese che, in qualche caso, hanno spessore sufficiente a coprire e peneplanare la topografia. Il materiale juvenile che costituisce i depositi puo' avere gradi di vescicolazione molto diversi: si puo' andare da blocchi densi, a scorie bollose a pomici. In funzione di questa variabilita' le colate assumono nomi diversi: **nubi ardenti** o **colate di cenere e blocchi** (frammenti non vescicolati), **colate di scorie**, **colate di cenere e pomici**.



Fig. 2.85 - Colate piroclastiche originatesi per collasso parziale di colonna scendono dal vulcano Mayon (Filippine) il 23 settembre del 1984. L'altezza massima raggiunta dalla colonna eruttiva fu di circa 15 km. Non vi furono vittime grazie alla tempestiva evacuazione raccomandata dai vulcanologi del Philippine Institute of Volcanology and Seismology. Foto di C.G. Newhall tratta dal sito:

http://volcanoes.usgs.gov/Images/Jpg/Mayon/32923351-020_large.jpg

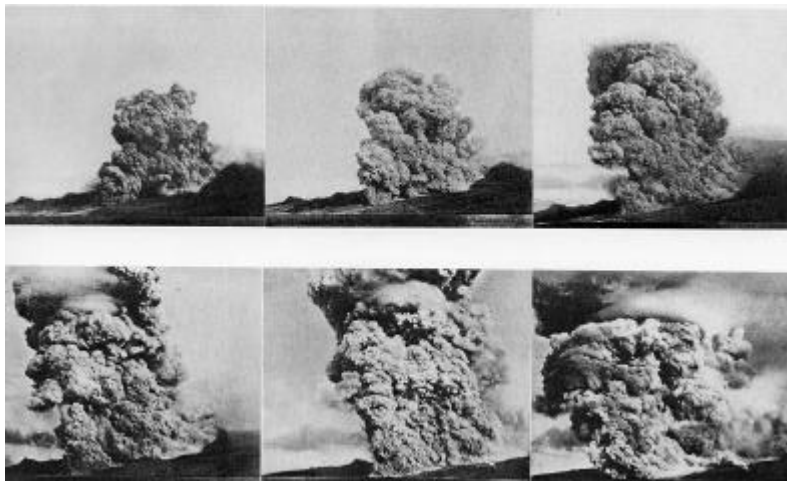


Fig. 2.86 - Dicembre 1902. Una colata piroclastica originata per esplosione del duomo della Montagna Pelee (Martinica) sta scorrendo lungo la Riviere Blanche prima di arrivare al mare. Sono queste le piu' antiche foto di questi fenomeni. Foto di La Croix A, 1904, La Montaigne Pelee et ses eruptions, Parigi, Masson.

Le grandi colate di pomice e ceneri sono capaci di percorrere grandi distanze, superiori a quelle di altri flussi particolati spinti dalla gravita' (per es. frane o valanghe). Cio' avviene perche' esse si spostano in regime di (almeno) parziale **fluidizzazione**.

La **fluidizzazione** e' un processo per il quale un insieme di particelle solide puo' acquistare le proprieta' reologiche di un fluido grazie a un flusso di gas ascendente con velocita' V che sostiene e separa le singole particelle.

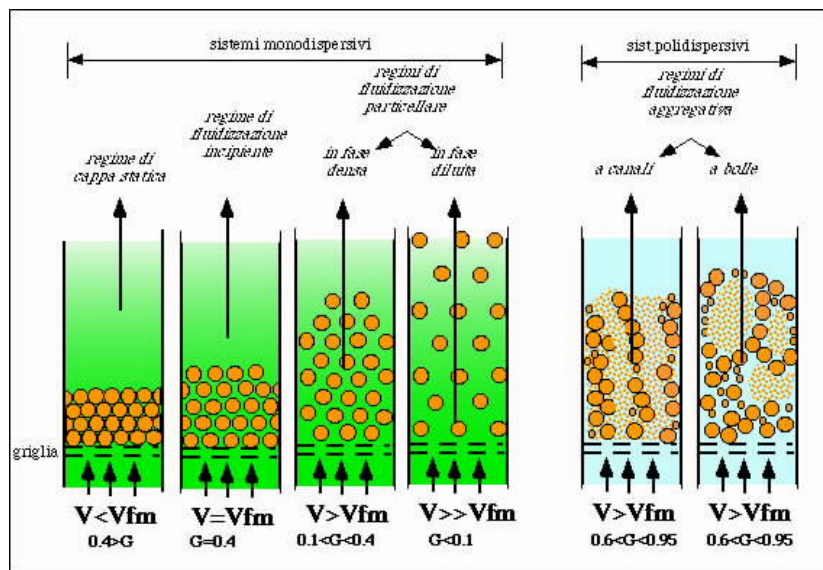


Fig. 2.87 - Rappresentazione schematica dei processi di fluidizzazione stazionaria. Una corrente gassosa e' iniettata verso l'alto in una massa granulare appoggiata ad una griglia con una velocita' V . Al di sopra del valore V_{fm} (velocita' minima di fluidizzazione) le particelle cessano di stare in contatto ed il sistema si comporta come un fluido. G e' la frazione di fase solida. Nei sistemi monodispersivi tutte le particelle vengono fluidizzate contemporaneamente. Nei sistemi polidispersivi si possono formare regimi di fluidizzazione aggregativa.

Nei sistemi polidispersivi (costituiti cioe' da particelle diverse per dimensioni, densita' e forma) quali possono essere considerati i flussi piroclastici non e' possibile che tutte le particelle vengano fluidizzate contemporaneamente e si verificano fenomeni di segregazione ed elutriazione.

La **segregazione** consiste nell'ordinamento delle particelle lungo la verticale in funzione delle loro dimensioni e/o densita'. Il grado di segregazione dipende dall'ampiezza dell'intervallo di dimensioni e/o densita' presente nella massa fluidizzata e dalla Energia di Fluidizzazione che puo' essere definita dal rapporto V/V_{fm} . Se in un sistema polidispersivo la segregazione e' trascurabile questo significa che V/V_{fm} vale circa 1: il regime di fluidizzazione e' cioe' prossimo alla fluidizzazione incipiente

L'elutriazione - Man mano che la velocita' del fluido ascendente aumenta, le particelle piu' piccole e meno dense salgono verso la parte superiore della nube mentre le piu' grandi e piu' dense (non fluidizzate) restano in basso. Per ogni sistema polidispersivo esiste un valore della velocita' del fluido ascendente al di sopra del quale le particelle piu' piccole e meno dense cominciano a venire allontanate dalla massa principale che si arricchisce cosi' indirettamente nelle particelle piu' grandi e piu' dense.

Per ogni velocita' del gas le particelle ricadranno allora in tre gruppi differenti: segregate (le piu' grandi e dense), elutriate (le piu' fini) e fluidizzate. Tanto la segregazione quanto l'elutriazione sono processi che dipendono dal tempo, e non ci si puo' aspettare che entrambi abbiano funzionato "fino in fondo" in sistemi fluidizzati solo per breve tempo.

Il considerare le colate piroclastiche come sistemi piu' o meno fluidizzati comporta di discutere le modalita' attraverso le quali esse, una volta postesi in movimento, sono in grado di mantenere, piu' o meno lungamente, il loro stato fluidizzato. Tre classici modelli di fluidizzazione traslazionale (relativi cioe' a casi in cui il materiale fluidizzato possiede un proprio movimento orizzontale) possono trovare soddisfacente corrispondenza vulcanologica

1. Fluidizzazione basale
2. Autofluidizzazione
3. Fluidizzazione alla prua

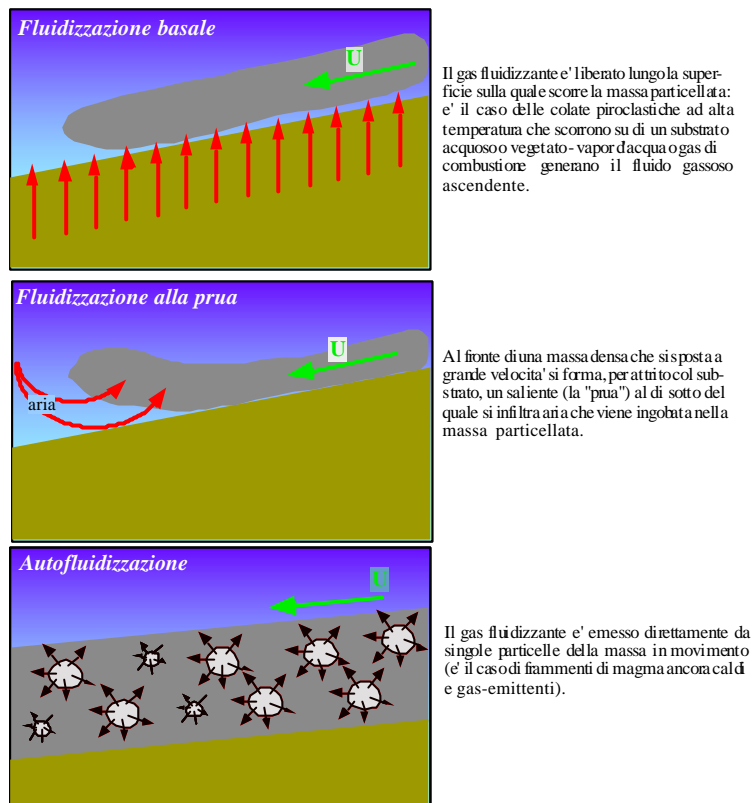


Fig. 2.88 - Rappresentazione schematica di alcuni casi di fluidizzazione traslazionale. La massa particellata si sposta sul substrato con velocita' U.

Surges piroclastici

Col termine anglosassone di “**surge**” (letteralmente “ondata, maroso”) si indicano flussi piroclastici molto espansi a bassa concentrazione di particelle che fluiscono in maniera turbolenta. Il surge e' un flusso instabile ed effimero che si realizza a seguito di un impulso (od una serie di impulsi) la cui energia cinetica diminuisce rapidamente, mentre la colata piroclastica e' un flusso piu' stabile, alimentato in modo piu' continuo, e capace di mantenere la sua energia cinetica per un tempo relativamente lungo.

In virtu' di queste loro caratteristiche, i surges sono poco controllati dalla topografia sulla quale scorrono. Tradizionalmente vengono distinti tre tipi di surge piroclastico:

- (1) - Base-surge
- (2) - Ground surge
- (3) - Ash cloud surge

I **base surges** sono tipicamente associati con eruzioni freatiche e freatomagmatiche. Il nome fu coniato a seguito dell'osservazione di fenomeni analoghi che accompagnano le esplosioni nucleari. La miscela gas-particelle si espande radialmente attorno alla bocca formando un tipico "collare" alla base della colonna eruttiva (si veda anche la figura 2.78). L'interazione acqua-magma che e' all'origine di questi fenomeni e' spesso caratterizzata da un rapporto acqua/magma elevato con formazione di miscele che sono in genere piu' fredde se paragonate ai ground surges ed agli ash cloud surges. Distingueremo allora i surges “freddi e bagnati” da quelli “caldi e secchi” (con temperatura superiore alla temperatura critica dell'acqua) sulla base della presenza abbondante di vapore. Se la temperatura scende al di sotto

del punto di condensazione del vapore, l'acqua liquida costituisce un componente addizionale della miscela e al surge puo' essere dato il nome di "uragano di fango".



Fig. 2.89 - L'eruzione del vulcano Taal (Filippine) del 1965 fu caratterizzata da una colonna eruttiva (a sinistra) che raggiunse l'altezza massima di 20 km cui si accompagnò la messa in posto di un "base surge". Questa nube piatta, turbolenta, costituita da gas, fango, cenere, lapilli e blocchi si espanse lateralmente alla velocità di un uragano. La foto in alto mostra gli effetti del surge sui tronchi delle palme a 4 km dalla bocca. Fotografie di J.G. Moore, U.S. Geological Survey, Sett. 1965.

Base-surge e esplosioni nucleari - "Operation Crossroads" era il nome in codice degli esperimenti sull'uso militare delle bombe atomiche eseguiti dagli USA nella laguna dell'atollo di Bikini, nell'oceano Pacifico. Nel Luglio del 1946 l'Esercito e la Marina statunitense fecero esplodere due bombe nucleari, una sulla superficie della laguna e l'altra sott'acqua. Il test aveva lo scopo di valutare gli effetti di un attacco atomico su una flotta di navi (reale, costituita da navi "sacrificabili" sia della flotta americana che delle flotte tedesca e giapponese, bottino di guerra). La posizione dell'Esercito USA era che l'avvento della bomba atomica rendeva le flotte di navi da battaglia obsolete. La Marina non era ovviamente dello stesso avviso.

Il test "sopra l'acqua" ebbe il nome in codice di "Able" e fu eseguito il primo Luglio 1946. Poche navi affondarono o furono fisicamente danneggiate dalla forza dell'esplosione, mentre molte presero fuoco.

Il test sott'acqua ("Baker") fu effettuato il 25 Luglio e anche in quel caso la gran parte delle navi non fu danneggiata significativamente. Un effetto generale fu però quello di rendere tutte le navi troppo radioattive per poter essere operative in tempi brevi. La bomba aveva una potenza di 23.000 tonnellate di tritolo, la stessa della bomba che era stata sganciata su Nagasaki il 9 Agosto del 1945.

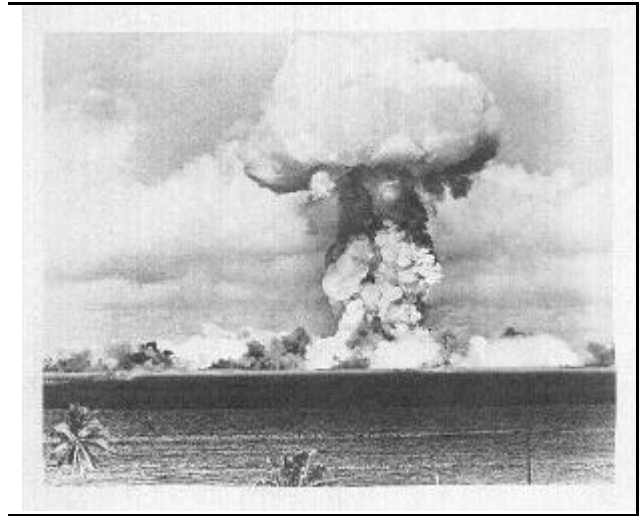


Fig. 2.90 - Il test "Able" (bomba sulla superficie della laguna di Bikini) eseguito il primo Luglio 1946. Le foto delle esplosioni sono di Bill Cunningham. Tratte dal sito:

<http://www.aracnet.com/~pdxavets/crossroa.htm>

L'onda d'urto subacquea si espanse a grande velocità e raggiunse la superficie in pochi millisecondi, formando una nube di condensazione a forma di duomo con alla base un collare circolare che si espandeva radente l'acqua con la velocità di un uragano e che fu chiamato "base-surge".



Fig. 2.91 - Il test sott'acqua ("Baker") effettuato il 25 Luglio 1946. Le foto delle esplosioni sono di Bill Cunningham tratte dal sito:

<http://www.aracnet.com/~pdxavets/crossroa.htm>

Sotto il nome di **ground surges** vengono raggruppati fenomeni con origine abbastanza diversa: esplosioni direzionali ["directed blasts"], collassi delle parti esterne a granulometria fine di una colonna eruttiva, proiezioni dalla testa di una colata piroclastica in movimento. I depositi di ground surge si trovano quasi sempre alla base di sequenze piroclastiche complesse, ed è questo il fattore comune che giustifica l'essere considerati insieme di fenomeni diversi.

Gli **ash cloud surges** sono originati dalla nube di ceneri elutriate, fluttuante al di sopra e dietro la colata piroclastica, che dal corpo della colata si allontanano in ruscelli instabili di gas e cenere. L'energia di questo tipo di surge e' interamente acquisita dalla colata piroclastica che lo genera.