

**Laureando:** Elvezio Giuseppe Fabbri

**Relatore:** Prof. Alessandro Aiuppa

**Correlatori:** Prof. Dario Delle Donne

Dr. Roberto D'aleo

## **MISURE CON CAMERA UV DEL PLUME VULCANICO DELL'ETNA**

### **Abstract**

La presente Tesi di Laurea ha l'obiettivo di riportare dati inediti sui meccanismi e tassi di rilascio di SO<sub>2</sub> dal Monte Etna, acquisiti nel 2015 attraverso la tecnica della camera UV.

Il Monte Etna è uno dei vulcani più attivi al mondo ed è fra i più grandi emettitori permanenti di anidride solforosa in atmosfera. Il vulcanismo dell'Etna si colloca in un sistema geodinamico estremamente complesso e in perpetua evoluzione, come testimoniato da recenti ricerche in ambito petrologico sulle rocce eruttate.

Questo lavoro di tesi parte da un'accurata ricerca bibliografica, che si sviluppa secondo un'articolata analisi delle tematiche in esame.

La prima fase è dedicata alla descrizione evolutiva e strutturale del vulcano Etna, con l'intento di caratterizzare la complessità geodinamica dell'area in oggetto di studio, base per qualsiasi ricerca finalizzata alla comprensione dei meccanismi vulcanici che regolano l'attuale stile eruttivo etneo.

Con riferimento a tale tematica, si esporranno, nei loro principali aspetti, le fenomenologie vulcaniche verificatesi nel periodo analizzato nel presente lavoro di Tesi, riportando nel dettaglio le variazioni dei valori multi-parametrici conseguiti dall'elaborazione dei diversi segnali acquisiti dai Centri di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (DPC).

Nella presente Tesi di Laurea, sono stati analizzati i dati di flusso di SO<sub>2</sub> pervenuti dalla rete permanente di camere UV, realizzata nell'ambito del progetto BRIDGE, gestita dall'Università degli Studi di Palermo. I due sistemi di camere UV, installati seguendo un'opportuna configurazione geometrica alla Montagnola (UV3) e all'osservatorio di Pizzo Deneri (UV4), sono stati progettati per risolvere separatamente l'attività di degassamento dei crateri sommitali dell'Etna. Questo sistema consente di monitorare la quantità e la variabilità temporale dei valori relativi al flusso di anidride solforosa in modo automatico, e con elevata risoluzione temporale e spaziale, per scopi di sorveglianza vulcanica.

Il data-set temporale del flusso di SO<sub>2</sub>, riassunto nel presente elaborato, è stato acquisito nel periodo compreso tra il 22/06/2015 e il 15/12/2015.

In tal senso, un primo significativo risultato raggiunto nel presente lavoro di tesi è stato quello di estendere il data-set esistente riguardo al tasso medio di rilascio di SO<sub>2</sub> dal plume dell'Etna, con particolare attenzione al Cratere di Nord-Est (NEC).

Come già evidenziato in precedenti pubblicazioni scientifiche, lo studio delle dinamiche emissive del NEC mostra delle periodiche fasi di degassamento passivo non stazionario, caratterizzate da fluttuazioni cicliche di entità e scala temporale variabile. Le misurazioni UV indicano che questa modalità di degassamento è chiaramente interpretabile come il risultato del susseguirsi di emissioni discrete di "pockets" di gas ad alta concentrazione di SO<sub>2</sub>, ritmicamente rilasciate dal cratere ("puffing"). Alla luce di questi risultati (figura 1), l'emissione pulsate di sacche ad alta concentrazione di SO<sub>2</sub>, dal cratere di Nord-Est del vulcano Etna, può essere interpretata come una firma periodica dei vulcani open-vent.

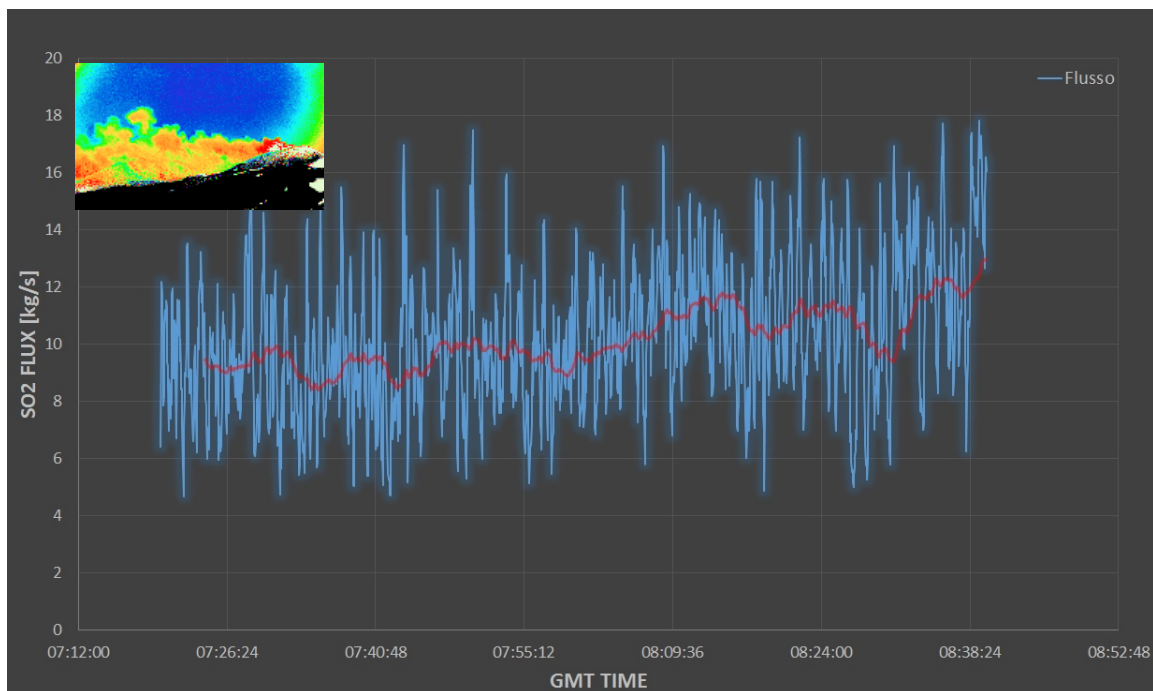


Figura 1) Serie temporale del flusso di SO<sub>2</sub> (in kg/s), registrato il 23 giugno 2015, associato a una sostenuta attività emissiva proveniente dal Cratere di Nord-Est (NEC). L'immagine in pseudo color (in alto a sinistra), elaborata dal software VulCamera, mostra la sezione (linea nera) del plume vulcanico del Cratere di Nord-Est.

L'analisi del trend temporale del tasso emissivo di SO<sub>2</sub> dal NEC ha mostrato un progressivo aumento dell'attività di degassamento durante l'estate del 2015, probabilmente dovuto ad un incremento delle rate di trasporto del magma nel sistema di alimentazione del cratere (figura 2). Lo stazionamento prolungato della sorgente magmatica a quote superficiali è confermato dalla persistente e intensa attività degassante proveniente dal Cratere di Nord-Est, accompagnata da frequenti boati udibili in tutto il settore sommitale.

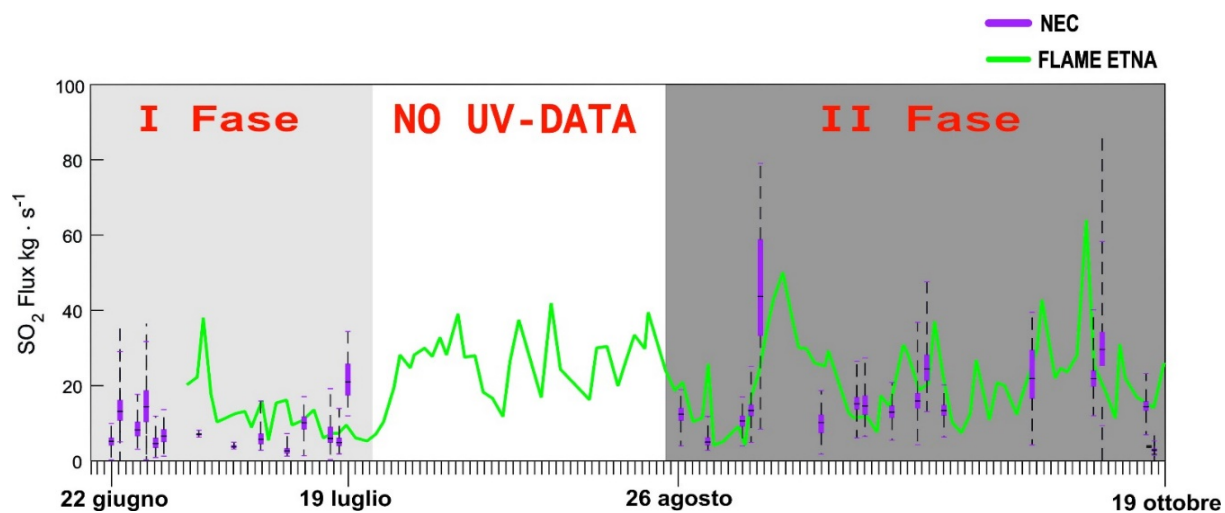


Figura 2) Il grafico mostra l'andamento nel tempo dei valori di flusso di SO<sub>2</sub> rappresentativi del NEC. Nonostante le fluttuazioni irregolari, è evidente la crescita media dei valori di flusso da giugno a ottobre. La linea continua in verde mostra l'andamento nel tempo del tasso di degassamento TOTALE di SO<sub>2</sub>, emesso dai crateri sommitali nel periodo considerato (Dati da report INGV-OE).

Confrontando i nostri parametri geochimici con i dati provenienti dalla rete UV-Scanner FLAME, è stato possibile calcolare il contributo percentuale emissivo del NEC. Nell'insieme, i risultati riportati suggeriscono che, dal 22/06/2015 al 19/10/2015, il NEC ha rappresentato la principale sorgente emissiva di anidride solforosa (tabella 1); mentre l'attività emissiva dei rimanenti crateri è stata solo marginale.

<b>METODO</b>	<b>PERIODO ACQUISIZIONE</b>	<b>SORGENTE</b>	<b>FLUSSO MEDIO SO<sub>2</sub> (kg/s)</b>	<b>FLUSSO MEDIO SO<sub>2</sub> (t/d)</b>	<b>MEDIA %</b>	<b>MIN %</b>	<b>MAX %</b>
<b>CAMERA UV</b>	<b>dal 22/06/2015 al 19/10/2015</b>	<b>NEC</b>	<b>~13,6</b>	<b>~1434</b>			
<b>RETE FLAME</b>	<b>dal 30/06/2015 al 09/12/2015</b>	<b>CRATERI SOMMITALI</b>	<b>~23,3</b>	<b>~2014</b>			
<b>RETE FLAME</b>	<b>dal 30/06/2015 al 19/10/2015</b>	<b>CRATERI SOMMITALI</b>	<b>~20,9</b>	<b>~1808</b>			
<b>COMBINAZIONE RISULTATI NEI GIORNI COPERTI DA ENTRAMBE LE ACQUISIZIONI</b>	<b>dal 02/07/2015 al 19/10/2015</b>	<b>NEC/TOT</b>			<b>66,8</b>	<b>17,2</b>	<b>100</b>

Uno dei contributi maggiori allo studio delle dinamiche del sistema di degassamento del

Tabella 1) Contributo emissivo distinto per sorgente (Crateri Sommitali: CS; Cratere di Nord-Est: NEC; Totale: TOT).
--

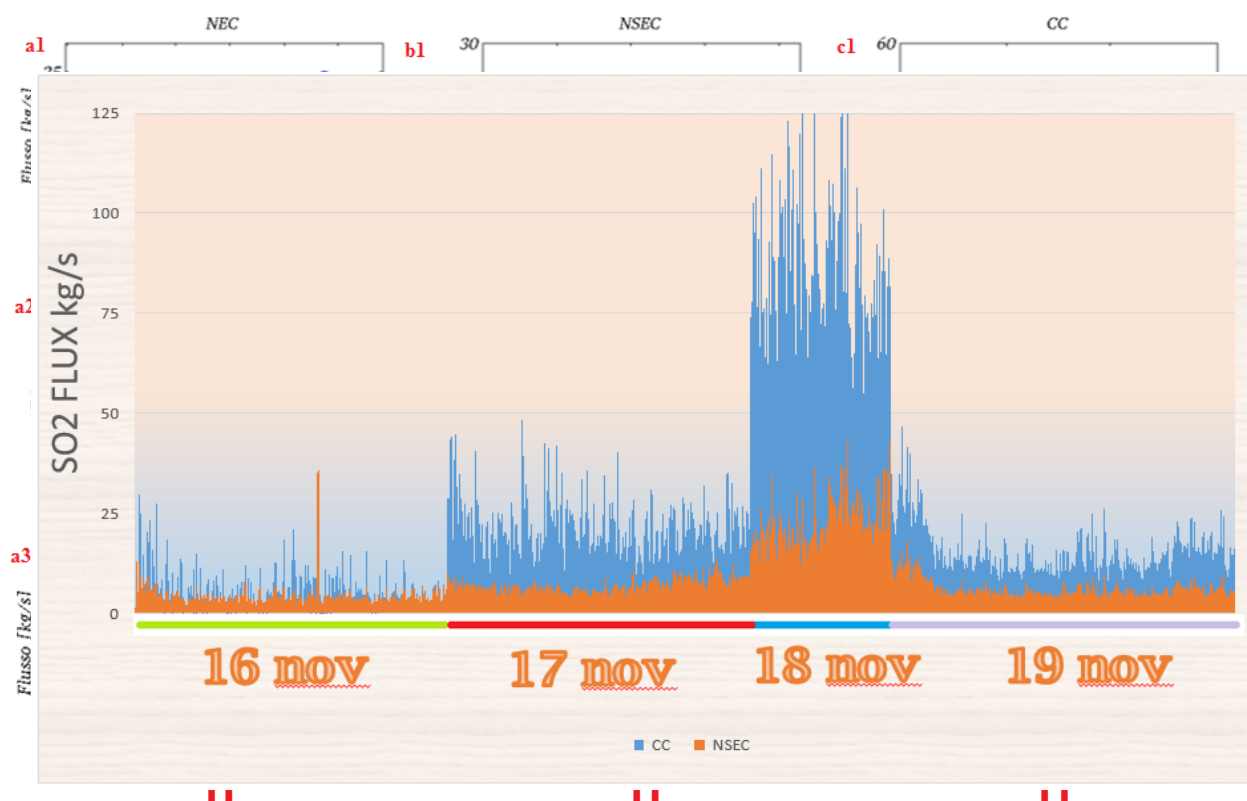
NEC è stato fornito dal confronto statistico con i dati scientifici riportati in letteratura (tabella 2). Tali osservazioni hanno dimostrato che, nel periodo indagato in questo lavoro di tesi, il NEC ha percentualmente emesso una quantità di anidride solforosa notevolmente maggiore di quella riportata nei precedenti lavori. Ciò suggerisce un cambiamento delle dinamiche di circolazione magmatica fra i crateri sommitali, con una più consistente alimentazione verso il NEC nell'estate del 2015.

Dall'osservazione delle fenomenologie in atto durante la seconda fase, incentrata sull'analisi del flusso di SO<sub>2</sub> emesso dalla Voragine e dal Nuovo Cratere di Sud-Est, tra novembre e dicembre 2015, è emerso un *trend* emissivo in costante aumento in corrispondenza dei suddetti crateri. Le variazioni simultanee dei flussi evidenziano un certo livello di interconnessione strutturale tra i due sistemi (figura 3).

AUTORE	DATA	SORGENTE	MEDIA t/d	MEDIA kg/s	CONTRIBUTO EMISSIVO %
Aiuppa A. et al., [2008]	24 - 25 luglio 2007	NEC	≈352	≈4,074	57
La Spina et al., [2010]	21 luglio 2008	NEC	≈1000	≈11,574	40
La Spina et al., [2010]	3 agosto 2009	NEC	≈413	≈4,780	27
La Spina et al., [2010]	31 agosto 2009	NEC	≈270	≈3,125	27
Tamburello G. [2011]	1 luglio 2011	NEC	1.105,92	12,8	≈40
Tamburello G. [2011]	2 luglio 2011	NEC	907,2	10,5	
Tamburello G. [2011]	4 luglio 2011	NEC	492,48	5,7	
D'Aleo et al., [2016]	luglio - agosto 2014	NEC	≈426,643	≈4,938	20
D'Aleo et al., [2016]	5 luglio - 10 agosto 2014	NEC+EF	≈1.018	≈11,783	30
Tesi di laurea	22 giugno - 19 ottobre 2015	NEC	≈1.174,790	≈13,597	66,81

Tabella 2) La tabella elenca i principali valori di flusso di SO<sub>2</sub> e il relativo contributo emissivo del NEC, per ogni periodo di osservazione, riportati in letteratura dai vari autori. I valori sono espressi in tonnellata al giorno e in chilogrammi al secondo.

Attraverso un approccio di studio multi-disciplinare, è stata inoltre dimostrata un'elevata correlazione fra il flusso di SO<sub>2</sub> e la radianza termica (VRP) misurata da satellite (figura 4). A tale proposito, è lecito supporre che le associazioni fra le variabili indipendenti sono probabilmente legate a variazioni temporali nel livello del magma nei condotti vulcanici.



a4 Figura 3) Confronto tra quantità di gas emessa nel tempo (kg/s) dal CC e dal NSEC. Il contributo emissivo del CC è circa il triplo di quello del NSEC.



Figura 4) Relazione tra flusso medio giornaliero di SO<sub>2</sub> e Potenza Radiante Vulcanica (VRP) per ogni cratere monitorato. a3, b3, c3: correlazione diretta tra la radianza termica emessa ed il flusso di SO<sub>2</sub>. a4, b4, c4 (foto estratte dai bollettini dell'INGV-EO), attività di degassamento (a4 e b4) e intra-craterica stromboliana (c4) che caratterizza il vulcano Etna nel periodo investigato.

In definitiva, questa indagine scientifica si concluderà correlando l'andamento temporale dei segnali termici e di flusso (precedentemente trattati) con gli eventi sismo-vulcanici ad essi associati (figura 5). La quantità di magma trasportata in prossimità dei "vent" governa infatti il tasso di rilascio di calore e gas, nonché le caratteristiche intrinseche del tremore vulcanico. Tali osservazioni confermano l'interconnessione esistente dei valori multi-parametrici, nel senso che ad un aumento del tasso emissivo di SO<sub>2</sub> corrisponde un parallelo incremento delle anomalie termiche (VRP) e dell'ampiezza del segnale sismo-vulcanico (RMS).

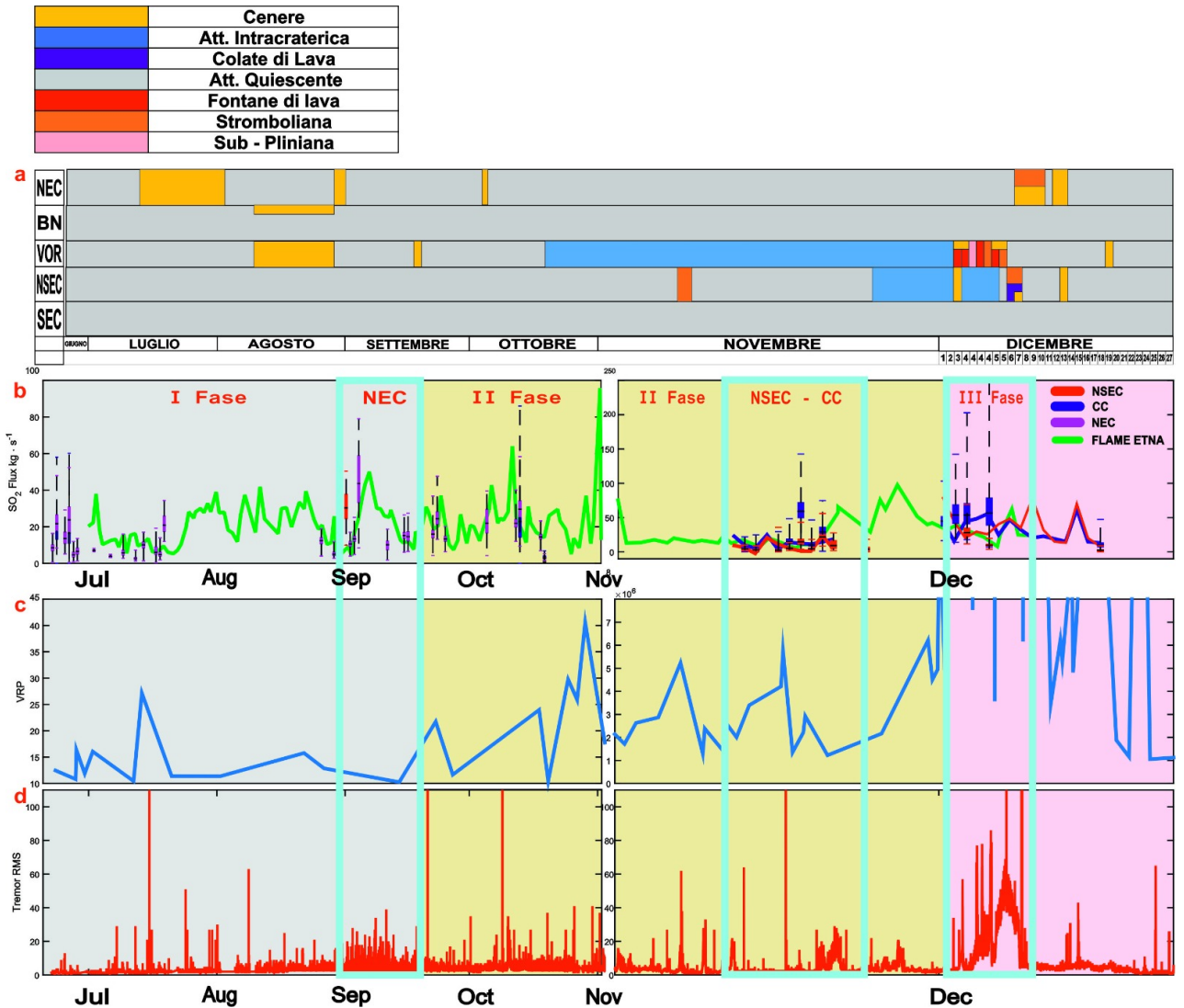


Figura 5) Riepilogo schematico dell'attività vulcanica etnea nel periodo giugno-dicembre 2015. -  
Figura 7.9 b, c, d.) Confronto tra attività di degassamento (b - SO<sub>2</sub> FLUX [kg/s]) tremore vulcanico (d - RMS) e VRP (22 giugno - dicembre 2015). I parametri presentano fluttuazioni coerenti durante l'intero periodo investigato.